

Transporte de Sedimentos em Suspensão em Áreas Agrícolas em Diferentes Escalas Espaciais

Haline Depiné, Adilson Pinheiro, Vander Kaufmann, Marcos Rivail da Silva

Universidade Regional de Blumenau

hali_ne@hotmail.com; pinheiro@furb.br; ambitec@bol.com.br; rivail@furb.br

Recebido: 06/05/10 - revisado: 14/06/10 - aceito: 16/12/10

RESUMO

As escalas espaciais influenciam a magnitude dos processos hidrológicos. Neste trabalho visa-se a avaliar o efeito da mudança de escala espacial no transporte de sedimentos em suspensão em uma bacia com uso predominante agrícola. Foram analisadas as escalas variando de 1 m² (lisímetro) a 29,89 km² (3 seções fluviométricas) na bacia do ribeirão Concórdia, localizada no município de Lontras, SC. Foram coletadas amostras durante 24 eventos de cheias no período de janeiro de 2008 a outubro de 2009. No lisímetro foram amostradas as águas escoadas superficialmente ao longo do evento pluvioso. Nas seções fluviométricas foram instalados amostradores de nível ascendente e descendente. O lisímetro representa a produção de sedimentos em áreas com cultivo de cereal. As cargas de sedimentos em suspensão nas três estações fluviométricas foram diferentes, não refletindo uma evolução espacial proporcional à área de drenagem. A seção fluviométrica intermediária apresentou os maiores valores médios de concentração, enquanto na seção de montante, os valores foram os mais baixos. Nota-se que as heterogeneidades espaciais na bacia hidrográfica influenciam fortemente as concentrações de sedimentos em suspensão encontrados no escoamento fluvial.

Palavras-chave: erosão do solo, poluição difusa, bacia agrícola.

INTRODUÇÃO

As interações no sistema hidrológico podem ser estudadas em diferentes escalas espaciais e temporais. Em cada escala, as medidas e os métodos variam de acordo com os processos considerados. A análise espacial e temporal dos processos é complexa, o que resulta muitas vezes na adoção de simplificações, que envolvem, entre outras coisas, a discretização espacial e temporal dos fenômenos estudados. A integração das diversas escalas é um problema científico que tem sido estudado em bacias hidrográficas (Blöschl & Sivapalan, 1995, Blöschl, 2001, Ocampo *et al.*, 2006, Wagener *et al.* 2007). Devem ser consideradas, simultaneamente, as dimensões características dos fenômenos elementares, a escala prática das observações e as coletas de dados e a escala do problema a ser resolvido (Grimaldi, 2004).

A escala da bacia hidrográfica permite limitar a variabilidade e heterogeneidade do meio que são estudadas nas escalas inferiores. Seu caráter integrador é, por um lado, o seu principal interesse e, por outro, seu principal limite. Esta abordagem privilegia os processos dominantes que agem sobre a

quantidade e/ou a qualidade da água no exutório. Os estudos nas pequenas bacias hidrográficas são muito utilizados em diversos problemas ambientais. Em uma bacia, os processos e os fatores determinantes da produção e transporte de sedimentos são múltiplos.

Silveira & Tucci (1998) afirmam que a heterogeneidade das pequenas bacias é muito grande, ou seja, ocorre uma dificuldade na caracterização de regiões quando diminui a área da bacia, e reduz a escala de detalhamento.

Os sedimentos são, provavelmente, o mais significativo de todos os poluentes em termos de sua concentração na água, seus impactos no uso da água e seus efeitos no transporte de outros poluentes (Brooks *et al.*, 1991). O conhecimento da capacidade de transporte está intimamente ligado ao conhecimento da dissipação de energia no escoamento da água (Righetto, 1998). Segundo Christofolletti (1981), em períodos de cheia, o curso fluvial tem sua potência aumentada e, conseqüentemente, maior capacidade para o transporte de sedimentos de diversos diâmetros. Seguindo esta lógica, à medida que a vazão diminui, a velocidade do fluxo reduz, reduzindo, por conseguinte, a capacidade de trans-

porte de sedimentos. Ao sofrer reduções na energia do fluxo, o material em suspensão rapidamente sedimenta e permanece imóvel enquanto a força necessária para seu deslocamento não se desenvolver novamente. Megahan (1999) afirma que o transporte durante um evento de alto fluxo é em sua maioria de sedimentos que se encontram prontamente disponíveis para o transporte conforme ocorre o aumento de fluxo. Ocorre defasagem durante o evento quando os sedimentos não estão imediatamente disponíveis ou quando aqueles gerados em pontos mais distantes levam algum tempo para chegar às estações de medição. Tanto a disponibilidade local e abastecimento de sedimentos a montante das estações de medição são influenciados pela história antecedente de fluxo ao longo do rio.

Seeger et al. (2004) e Zabaleta *et al.* (2007) analisaram a relação entre as características das bacias hidrográficas, os fatores que atuam na vazão de um evento e a concentração de sedimentos em suspensão em rios. A análise da interação da quantidade de sedimentos produzidos durante um evento chuvoso e as características da vazão podem ajudar no entendimento dos processos que atuam no transporte e deposição de sedimentos. Segundo Williams (1989), as concentrações de sedimentos e as vazões em um rio podem ser influenciadas pela intensidade das precipitações e por sua distribuição na bacia hidrográfica. Vários fatores influenciam a relação entre a concentração de sedimentos em suspensão e a vazão, podendo-se destacar a intensidade da chuva, a variação temporal e diferentes tipos de uso da terra, que podem beneficiar ou dificultar a ocorrência dos processos erosivos, a declividade da bacia hidrográfica e as condições de umidade e descarga que influenciam na quantidade de sedimento a ser fornecida por erosão das vertentes e do canal (Reid *et al.*, 1997).

Neste trabalho procura-se estudar o efeito da mudança de escala espacial no transporte de sedimentos em suspensão em uma bacia com uso predominantemente agrícola. Ela é ocupada por pequenos e médios produtores rurais.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo é a bacia do ribeirão Concórdia, SC, que pertencente à rede de pesquisa de bacias experimentais do bioma da Mata Atlântica. O ribeirão Concórdia é afluente do rio Lontras e este por sua vez, é afluente do rio Itajaí-Açu. A bacia está inserida entre as monitoradas pelo Projeto de Recu-

peração Ambiental e de Apoio ao Pequeno Produtor Rural (PRAPEM/MICROBACIAS), desenvolvido pela Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Rural de Santa Catarina. A bacia do ribeirão Concórdia possui uma área de drenagem de 30,74 km² (Figura 1). A região climática, de acordo com a classificação de Thornthwaite (Thornthwaite, 1948) é definida como sendo clima mesotérmico úmido do tipo B3 B'3 ra', sem estação seca definida e com precipitações anuais entre 1600 e 1800 mm. De acordo com Köppen (Köppen & Geiger, 1928), o clima é do tipo Cfa. A vegetação original da área pertence à Floresta Ombrófila Densa.

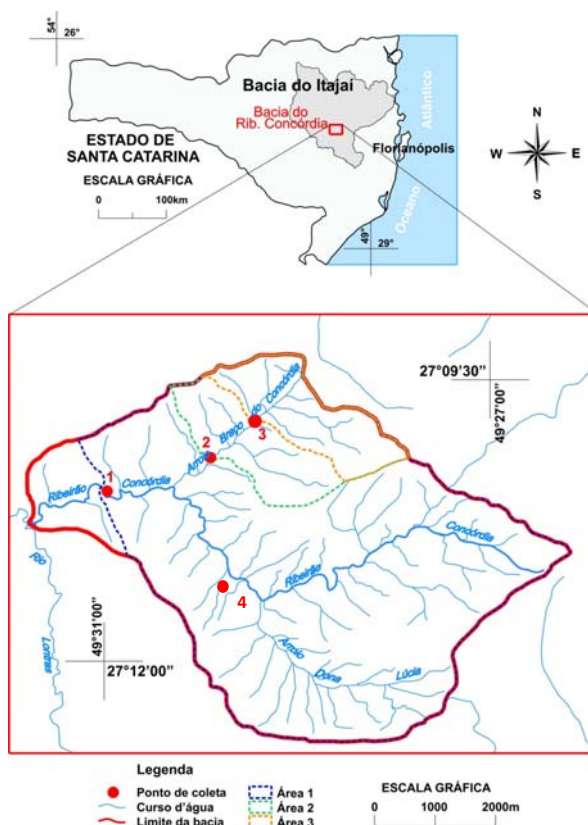


Figura 1 – Localização da bacia do ribeirão Concórdia em Lontras – SC e dos pontos de monitoramento

A bacia é monitorada em quatro pontos, sendo três seções fluviométricas (pontos 1 a 3) e um lisímetro (ponto 4). Nas seções fluviométricas foram instalados sensores de nível e amostradores de água de nível ascendente (ANA) e amostrador de nível descendente (AND), construído e implantado conforme descrito por Paranhos et al. (2002). O lisímetro de 1 m³ permite monitorar e avaliar o escoamento superficial e escoamento sub-superficial profun-

do. As seções fluviométricas de coleta encontram-se como bacias embutidas. As áreas de drenagem dos Pontos 1, 2 e 3 são 29,89, 5,81 e 2,36 km², respectivamente. Os quatro pontos amostrais permitem uma análise de mudança de escala espacial.

Os amostradores ANA e AND possibilitam a coleta de amostras de água na profundidade, ao longo da ascensão e da recessão da onda de cheia. As tomadas de água são posicionadas em profundidades pré-estabelecidas. As amostragens são realizadas no momento em que o escoamento fluvial atinge essas profundidades. O ANA é composto por um conjunto de garrafas, o qual, a cada garrafa são acoplados dois tubos, um para admissão da amostra e outro para saída do ar. O tubo de admissão é em forma de sifão para manter a coleta mesmo com pequenas oscilações de nível. A coleta de água em cada cota inicia no instante em que o nível de água passa pelo ponto mais alto do sifão. O AND parte do mesmo princípio, mas possui um sistema de roldanas com alavanca, que mantém o bico de entrada fechado durante a elevação do nível de água. A partir do momento em que o nível começa a baixar, o contrapeso força a abertura do bico de entrada, permitindo o enchimento da garrafa.

O Ponto 1, situado na latitude 27° 10' 45,7" S e longitude 49° 31' 17,1" W, a uma altitude de 346 m, localiza-se próximo ao exutório da bacia e o solo é Gleissolo háplico Ta alumínico típico. A seção fluviométrica possui sensor de nível, funcionando pelo registro de pressão da coluna de água, com registrador automático, com coleta de dados a cada 5 min, os quais são armazenados em um datalogger. Neste ponto estão instalados 16 garrafas para amostragem de sedimentos em suspensão frascos coletores, sendo 8 no ANA e 8 no AND. O ANA inicia a coleta na cota 2,05 m, que corresponde a uma vazão de 0,29 m³s⁻¹ e termina na cota 3,52 m, que corresponde a uma vazão de 6,05 m³s⁻¹. O AND inicia na cota 3,72 m e termina na cota 2,32 m, que correspondem as vazões 8,15 m³s⁻¹ e 0,59 m³s⁻¹, respectivamente. Os amostradores estão instalados distanciados da estrada, sendo o lado direito do leito do rio ocupado por uma residência e o esquerdo por uma pequena área de pastagem, a cuja montante existem lagoas para criação de peixes. A montante dos amostradores a área é ocupada por um reflorestamento que ocupa as duas margens.

O Ponto 2 situa-se na latitude de 27° 10' 28,3" S e longitude de 49° 28' 28,3" W, com altitude de 349 m. A seção fluviométrica é equipada com um sensor de nível de bóia, com registro automático, a intervalos de 5 min, armazenado em datalogger.

Neste ponto está instalado um amostrador de nível ascendente com sete garrafas para amostragem de sedimentos em suspensão na água. A primeira garrafa coletora está instalada na cota 0,25 m, que corresponde a uma vazão de 0,11 m³s⁻¹ e a última, na cota 1,09 m, com vazão de 5,17 m³s⁻¹. O solo encontrado neste ponto é o Cambissolo háplico alumínico típico. Na área de contribuição deste ponto também pode ser encontrado Argissolo vermelho-amarelo alítico típico. O terreno nesta região apresenta declividade elevada. Do lado direito existe uma estrada rural e, do lado esquerdo, uma residência e instalações rurais. A montante do ponto de coleta há uma pequena faixa de mata ciliar, com cerca de 15 metros de largura.

A seção fluviométrica do Ponto 3 é constituída por um vertedor misto, equipado com um sensor de nível de boia, com funcionamento idêntico ao da seção anterior. Nesta seção foram instalados 7 garrafas para amostragem de sedimentos em no amostrador de nível ascendente, a cada 15 cm de profundidade, iniciando na cota 0,21 m, que corresponde a uma vazão de 0,029 m³s⁻¹ e terminando na cota 0,69 m, com vazão de 0,56 m³s⁻¹. Neste ponto o lado esquerdo o terreno é bastante íngreme, apenas com vegetação rasteira. Localiza-se na latitude de 27° 09' 58,2" S e longitude 49° 29' 28,2" W, com altitude de 397,5 m. No lado direito, o ribeirão está afastado da estrada e protegido por vegetação fechada. A montante do ponto de coleta, o terreno também é protegido pela mesma vegetação. O solo é o Argissolo vermelho-amarelo alítico típico. O relevo a montante é declivoso.

No Ponto 4, está instalado o lisímetro volumétrico, que foi construído utilizando-se chapas de acrílico com dimensões de 1 x 1 x 1 m, constituindo uma amostra indeformada de solo. Ele é representativo da produção de sedimentos em área com cultivo agrícola. Possui instalação para coleta do escoamento superficial e sub-superficial profundo. Situa-se na latitude 27° 11' 20,5" S e longitude 49° 29' 40,1" W, com altitude de 365 m. O solo é o Cambissolo háplico Ta distrófico típico. O terreno é utilizado para cultivo de cereais há pelo menos quinze anos, sem nenhuma prática evidente de conservação do solo, exceto algumas adubações verdes esporádicas. A principal cultura é o milho, em plantio convencional. No período de abril a julho de 2008, o terreno estava ocupado por uma forrageira de inverno. Após a retirada desta cultura, o solo ficou descoberto até início de setembro do mesmo ano, quando se iniciaram as atividades de preparo do solo (revolvimento) para o plantio de milho. O plantio da cultura se deu

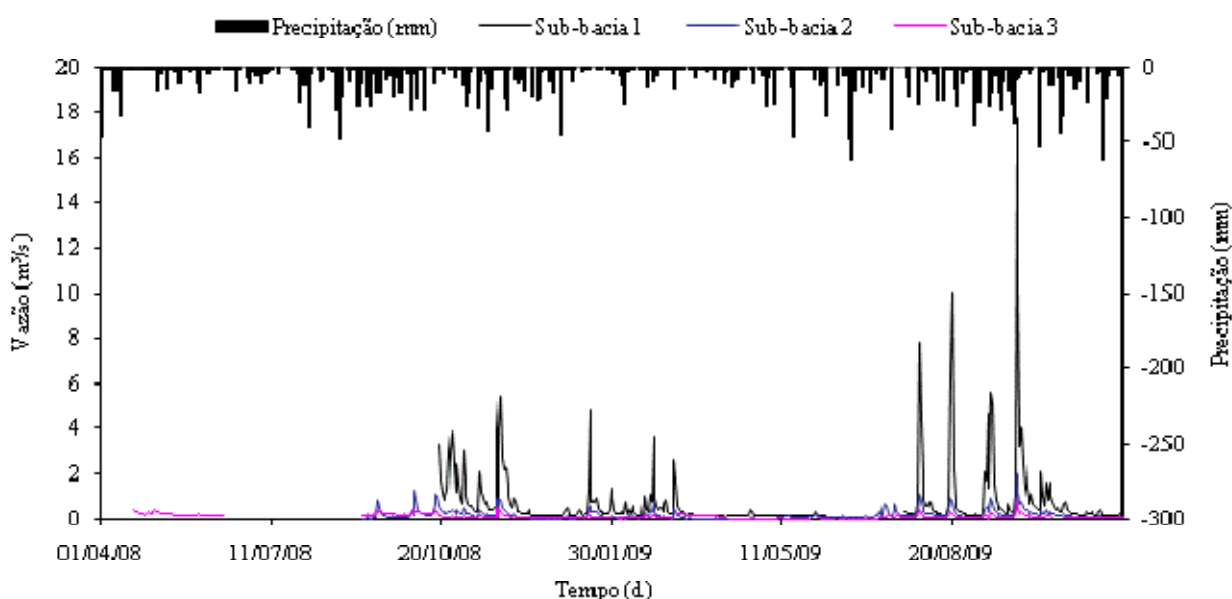


Figura 2 – Evolução das precipitações e das vazões na bacia do ribeirão Concórdia

no final do mês de outubro de 2008, permanecendo implantada no local até março de 2009. A partir deste mês, o milho foi sendo retirado aos poucos da lavoura, conforme disponibilidade do proprietário. No lisímetro, a lavoura foi retirada na primeira quinzena de maio. Deste período, até outubro de 2009, o solo ficou descoberto, sendo ocupado apenas por algumas plantas invasoras.

Foram coletadas amostras de água dos amostradores de nível ascendente, nível descendente e lisímetro no período de janeiro de 2008 a outubro de 2009, em vinte e quatro eventos de cheia.

As amostras foram levadas ao Laboratório Físico-Químico de Engenharia Ambiental da FURB, onde foram secas em estufa a 60° C, para determinação dos valores de concentração de sedimento suspenso, obtidos pelo método da evaporação (USGS, 1973).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Precipitação e Vazão

A Figura 2 apresenta a evolução das séries temporais de precipitação e vazões medidas nas três seções fluviométricas. A distribuição temporal das precipitações foi variada, apresentando um período

mais chuvoso nos meses de agosto de 2008 a fevereiro de 2009. O total precipitado de fevereiro de 2008 a junho de 2009 foi de 2068,25 mm. A vazão máxima no Ponto 1 foi de 19,39 m³s⁻¹, enquanto no Ponto 3 foi de 2,59 m³s⁻¹. A vazão média nas três seções fluviométricas foi de 0,55, 0,12 e 0,06 m³s⁻¹ nos pontos 1, 2 e 3, respectivamente.

Concentrações de sedimentos em suspensão

No lisímetro, as coletas de amostras de água foram realizadas no final do evento de chuvas intensas. O lisímetro expressa uma concentração média do evento hidrológico completo. Na Figura 3 são apresentadas as concentrações determinadas nas amostras coletadas no período de abril de 2008 a outubro de 2009.

Nota-se que, ao longo do período, a quantidade de sedimentos transportados pelo escoamento superficial se manteve estável em grande parte do período monitorado. Variou apenas em três eventos que coincidem com a época de preparo do terreno para o plantio (07/10/2008) e época de semeadura e germinação do milho. As práticas da agricultura convencional causam um revolvimento maior no solo, podendo justificar as variações na concentração de sedimentos encontrados na bacia.

A Tabela 1 apresenta as concentrações instantâneas características nos quatro pontos de monitoramento. No Ponto 1, os valores observados de

concentração de sedimentos apresentaram média de $2,82 \pm 2,46 \text{ g L}^{-1}$. O valor máximo foi $29,92 \text{ g L}^{-1}$ e o mínimo de $0,027 \text{ g L}^{-1}$. A concentração de sedimentos no início da onda de cheia é elevada, apresentando um pico anterior em relação ao pico de vazão e, na sequência, um decréscimo na concentração ainda na fase de ascensão do hidrograma. Esta concentração elevada no início das ondas de cheia provavelmente está relacionada à intensidade da chuva, carga de sedimento disponível para transporte e a contribuições externas, conforme citado por Williams (1989).

No Ponto 2, os valores observados de concentração de sedimentos apresentaram média de $6,20 \pm 5,42 \text{ g L}^{-1}$. O valor máximo observado nas médias dos eventos foi $47,66 \text{ g L}^{-1}$ e o mínimo $0,41 \text{ g L}^{-1}$.

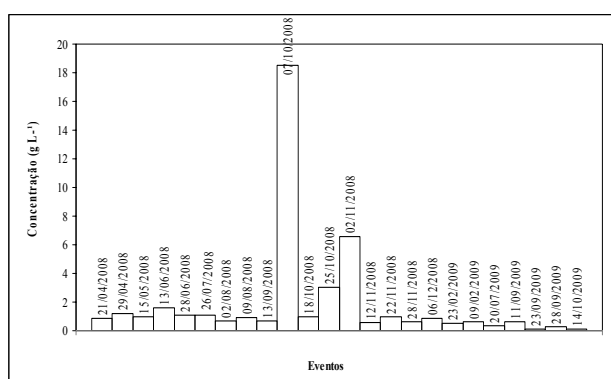


Figura 3 – Concentração média de sedimentos no escoamento superficial do lisímetro, por evento chuvoso

Tabela 1 - Concentrações características na bacia do ribeirão Concórdia durante período observado

Concentrações (g L ⁻¹)	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Lisímetro
Máxima	29,92	47,66	8,74	18,50
Mínima	0,027	0,41	0,05	0,10
Média	2,82	6,20	1,62	1,51
Desvio Padrão	2,46	5,42	1,46	3,43

A concentração de sedimentos no início da onda de cheia é elevada, apresentando um pico. Este pico de concentração de sedimentos é anterior em relação ao pico de vazão e, em sequência, ocorre um decréscimo na concentração, mesmo na fase de ascensão do hidrograma. Este comportamento na evolução das concentrações é similar ao observado

no Ponto 1. As concentrações instantâneas no Ponto 2 são superiores aquelas medidas no Ponto 1. O Ponto 2 possui uma área da ordem de 19,5% daquela do Ponto 1. Isto indica que o efeito de deposição é mais importante na área contribuinte do Ponto 1 do que no Ponto 2, fazendo com que exista uma redução das concentrações instantâneas com o acréscimo da área de drenagem da bacia.

No Ponto 3, as concentrações de sedimentos em suspensão apresentaram média de $1,62 \pm 1,46 \text{ g L}^{-1}$. O valor máximo observado nas médias dos eventos foi $8,74 \text{ g L}^{-1}$, e o mínimo, de $0,05 \text{ g L}^{-1}$. Neste ponto, a medição da vazão é realizada com um vertedor misto. O amostrador está colocado próximo da parede do vertedor. Isto provoca uma alteração da velocidade média do escoamento, fazendo com que uma parcela dos sedimentos transportados seja depositada a montante do amostrador. Desta forma, a concentração de sedimentos medida nas amostras de água é inferior as medidas nas outras duas seções fluviométricas.

A correlação entre vazão e concentração de sedimentos não foi satisfatória em nenhum dos pontos amostrados. Segundo Paiva *et al.* (2000), existe uma relação biunívoca entre cota e descarga se o regime de escoamento for uniforme, ou seja, se a declividade da linha de energia for igual à declividade de fundo do canal. Além disto, em pequenas bacias hidrográficas, como é o caso desta, em estudo, a situação se modifica, pois as ações antrópicas têm efeitos imediatos nos rios, que nem sempre são expressos nas observações ou registros feitos nas estações fluviométricas.

A Tabela 2 apresenta as concentrações médias de sedimento em suspensão encontradas nos quatro pontos de coleta, ao longo dos eventos de chuva monitorados. As concentrações médias foram determinadas pela divisão entre o somatório do produto da concentração e a vazão e o somatório das vazões instantâneas. As concentrações médias no Ponto 1 variaram entre $0,15$ e $9,74 \text{ g L}^{-1}$ enquanto no lisímetro variaram entre $0,26$ e $18,5 \text{ g L}^{-1}$. Estes dois pontos de monitoramento representam a maior e a menor, dimensões respectivamente. Através das concentrações médias por evento, pode-se observar que os valores encontrados no lisímetro foram menores do que nos outros três pontos monitorados, exceto quando em eventos onde ocorre revolvimento do solo para atividades agrícolas. Nesse caso, os valores encontrados no lisímetro foram até cinco vezes maiores do que nos outros pontos monitorados. O lisímetro representa uma superfície homogênea de produção de sedimentos, onde o efeito de

deposição é muito menor do que na área de contribuição do Ponto 1.

Tabela 2 - Concentrações médias (g L⁻¹) por evento de chuva nos quatro pontos monitorados na bacia Ribeirão Concórdia

Evento	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Lisímetro
30/01/2008	0,60	NC	NC	NC
02/03/2008	0,52	NC	NC	NC
21/04/2008	0,92	NC	NC	0,87
02/05/2008	4,70	NC	NC	0,97
26/06/2008	0,34	NC	NC	1,10
12/09/2008	2,26	NC	0,48	0,70
21/09/2008	0,15	NC	NC	NC
05/10/2008	3,70	3,03	1,40	18,50
18/10/2008	3,97	14,25	4,38	0,97
23/10/2008	0,64	3,87	1,12	NC
25/10/2008	1,09	3,14	0,34	3,01
02/11/2008	3,26	1,78	NC	6,55
12/11/2008	0,40	1,21	0,25	0,56
23/11/2008	1,77	5,47	0,19	0,96
16/01/2009	5,24	NC	3,24	NC
09/02/2009	1,56	NC	NC	0,62
23/02/2009	3,76	2,91	1,16	0,52
09/03/2009	2,10	6,64	2,54	NC
12/07/2009	4,09	1,26	0,32	0,26
28/08/2009	9,74	5,27	NC	NC
11/09/2009	4,23	1,03	NC	0,61
28/09/2009	6,94	15,70	5,03	0,27

*NC = não coletado

As maiores concentrações médias de sedimentos são encontradas no Ponto 2, que se localiza ao lado de uma estrada, e possui vários pontos de contribuição de materiais provenientes dela, exceto quando ocorre movimentação do solo para plantio na área agrícola. Isto significa que a contribuição das áreas de estradas e vias de acesso, nas bacias hidrográficas rurais, pode apresentar uma contribuição significativa de sedimentos ao sistema de drenagem (Cao *et al.*, 2009). Minella *et al.* (2007), estudando as principais fontes de sedimentos em bacias rurais, através de traçadores naturais, verificaram que os sedimentos transportados em suspensão têm como origem a erosão proveniente de área agrícola

(68,3 e 55,5 %), erosão nas estradas (28,1 e 37,6 %) e erosão na rede fluvial (3,6 e 6,9 %).

A Figura 4 apresenta a comparação entre as concentrações médias obtidas com as coletas no Ponto 2 e as concentrações obtidas no lisímetro, nos dias 07/10, 18/10, 25/10, 02/11, 12/11, 22/11, 28/11/2008, 23/02, 20/07, 11/09 e 28/9/2009.

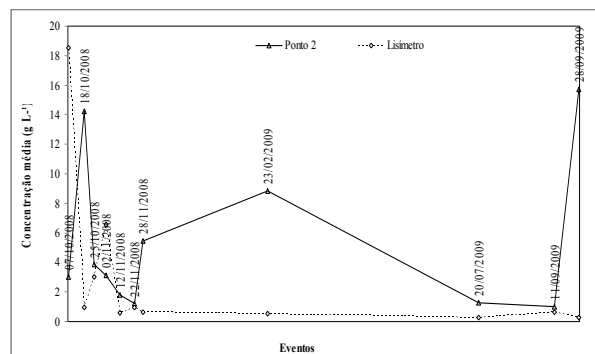


Figura 4 – Concentração média de sedimentos na seção 2 e no lisímetro, nos mesmos eventos

Comparando-se as concentrações médias nos pontos de coleta da rede de drenagem e aquelas medidas no lisímetro, nota-se que nesta bacia a contribuição específica das áreas agrícolas é menor quando comparada com outros pontos. Destacam-se, neste caso, concentrações elevadas apenas nos períodos em que ocorre revolvimento do solo. Ressalta-se que, neste caso, não existe o efeito da deposição dos sedimentos transportados pelo escoamento superficial, devido ao comprimento da rampa ser pequeno. A Tabela 1 e a Figura 2 demonstram que, nos pontos monitorados da bacia, a maior contribuição de sedimentos é proveniente do ponto 2, situado imediatamente a jusante da estrada, podendo esta ser uma das principais fontes de sedimentos na bacia, já que grande parte da estrada está localizada imediatamente ao lado do ribeirão. E a área do lisímetro, ocupada por atividade agrícola apresentou os menores valores em grande parte do período monitorado.

A análise de mudança de escala espacial tornou-se muito difícil, pois os valores médios encontrados foram bastante diferentes. A correlação da concentração de sedimentos entre pontos de diferentes escalas não foi satisfatória. Segundo Mendiondo & Tucci (1997), as condições iniciais atuantes na micro-escala se filtram e seus efeitos se superpõem para dar uma resposta hidrológica na meso-escala. Elas têm um efeito menor à medida que

crece a intensidade e a uniformidade espacial das chuvas. Quando se trata de microescalas, é preciso contar com o máximo de fatores que influem no processo hidrológico para obter uma boa estimativa de informação. Para Collischonn (2001), à medida que se aumentam as escalas espaciais da bacia, ocorre uma regionalização de parâmetros (porcentagem de areia e silte no solo, porosidade, temperatura média etc.). Assim, para se obter bons resultados, é necessário que sejam estimados alguns parâmetros em escala local e sejam associados a medições feitas em escala global, para se contornar possíveis erros.

CONCLUSÃO

As concentrações instantâneas e as médias dos eventos de cheias são variáveis ao longo dos quatro pontos de monitoramento. A comparação entre os pontos de maior e de menor dimensão espacial mostra o efeito da deposição na redução das concentrações ao longo da bacia. Quando são comparadas as concentrações do lisímetro com aquelas medidas no Ponto 2, este efeito não fica evidenciado. As variações não evidenciam uma tendência espacial, que pudesse explicitar um processo de mudança de escala. Condições locais, nas proximidades do ponto de amostragem, influenciaram nos resultados obtidos. O Ponto 3 foi influenciado pelo local de instalação do amostrador de nível ascendente, refletindo a importância em se desenvolver bem o design dos projetos previamente a sua implantação, enquanto no Ponto 2, este foi influenciado pela estrada de terra situada nas proximidades do ponto de amostragem, o que gerou uma superestimação.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos MCT/FINEP/CT-Hidro-CNPq edital 04/2005 Bacias Representativas, convenio 3490/05, pelo financiamento de pesquisa, a FAPESC pela bolsa do primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- BLÖSCHL, G.; SIVAPALAN, M. Scale issues in hydrological modelling: A review. *Hydrological Processes*, v.9, n. 3-4, p.251-290. 1995.
- BLÖSCHL, G. Scaling in hydrology. *Hydrological Processes*, v.15, n.4, p.709-711, 2001.
- BROOKS, K.N.; FFOLLIOTT, P.F.; GREGERSEN, H.M. & THAMES, J.L. *Hydrology and the management of watersheds*. Ames, Iowa State University Press, 1991. 392p.
- CAO, L.; ZHANG, K.; ZHANG, W. Detachment of road surface soil by flowing water. *Catena*. v.76, n. 2, p.155-162. 2009.
- COLLISCHONN, W. Simulação Hidrológica de Grandes Bacias. Tese de doutorado. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2001.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia fluvial*. São Paulo: E. Blücher, 1981.
- GRIMALDI, C. *Hydrochimie de petits bassins versants: Apports à la connaissance du fonctionnement géochimique du sol et de la qualité de l'eau des cours d'eau*. Memoire HDR. UMR INRA-Agrocampus Sol Agronomie Spatialisation, Rennes, 2004, 80 p.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.
- MEGAHAN, W. F. Scale considerations and Detectability of Sedimentary Cumulative Watershed Effects. *Technical Bulletin n. 776*, Research Triangle Park, N.C.: National Council of the Paper Industry for Air and Stream Improvement, Inc., 1999, 358p.
- MENDIONDO, E. M.; TUCCI, C. E. M. Escalas Hidrológicas III: Hipótese Integradora de Processos na Bacia Vertente. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.2, n.2, p. 21-44, 1997.
- MINELLA, J. P. G., MERTEN, G. H., REICHERT, J. M., SANTOS, D. R. dos, Identificação e Implicações Para a Conservação do Solo das Fontes de Sedimentos em Bacias Hidrográficas. *Revista Brasileira Ciência. Solo*, 31, p. 1637-1646, Santa Maria, 2007.
- OCAMPO, C. J., SIVAPALAN, M.; OLDHAM, C. E. Field exploration of coupled hydrological and biogeochemical catchment responses and a unifying perceptual model. *Advances in Water Resources*. v. 29, p.161-180, 2006.
- PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D.; PARANHOS, R. M.; EMER, R. Curvas Chave de Vazões e de Sedimentos de Pequenas Bacias Hidrográficas. O Que Representam? In: Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, Caracterização quali-quantitativa da produção de sedimentos, Santa Maria, 2000.
- PARANHOS, R. M.; SARTORI, A.; PAIVA, J. B. D. de. Amostrador de sedimentos em suspensão de nível descendente - Desenvolvimento e avaliação.. In *Anais 5 Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos*, São Paulo, p.139-146. 2002.

- REID, I.; BARTHURST, J. C.; CARLING, P. A.; WALLING, D. E.; WEBB, B. Sediment Erosion, Transport and Deposition. In: Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management. New York: John Wiley & Sons, p. 95-135. 1997
- RIGHETTO, A. M., Hidrologia e Recursos Hídricos, São Carlos, EESC USP, 1998, 819 p.
- SEEGER, M.; ERREA, M. P.; BEGUERÍA, S.; ARNÁEZ, J.; MARTÍ, C.; GARCÍA-RUIZ, J. M. Catchment soil moisture and rainfall characteristics as determinant factor for discharge/suspended sediment hysteretic loops in a small headwater catchment in the Spanish pyrennes. Journal of Hydrology, v. 288, p. 299 – 311. 2004.
- SILVEIRA, G. L.; TUCCI, C.E.M. Monitoramento em pequenas bacias para a estimativa de disponibilidade hídrica. Rev. Bras. Rec. Hídricos. v.3, p. 97-110, 1998.
- THORNTHWAITE, C.W. An approach towards a rational classification of climate. Geographical Review, London, v.38, p.55-94, 1948.
- UMEZAWA, P. K. Previsão de deplúvio (Washload) em rios de áreas elevadas. Dissertação (Mestrado em Hidrologia Aplicada) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1979. 232p.
- USGS – United States Geological Survey. Techniques of Water Resources Investigations. Whashington, 1973.
- ZABALETA, A.; MARTÍNEZ, M.; URIARTE, J. A.; ANTIGÜEDAD, I. Factors controlling suspended sediment yield during runoff events in small haedwater catchment of the Basque Country. Catena. v. 71, n. 1, p. 179-190, 2007.
- WAGENER T.; SIVAPALAN M.; TROCH P.; WOODS R. Catchment Classification and Hydrologic Similarity. Geography Compass. v.1, n.4, p.901–931, 2007.
- WILLIAMS, G. P. Sediment concentration versus water discharge during single hydrologic events in rivers. Journal of Hydrology, v. 111, p. 89-106, 1989.

rainfall events were sampled in the lysimeter. Upward and downward level samplers were installed in rivergauging sections. The lysimeter represents the sediment productions areas planted with grain crops. Loads of suspended sediments at the three rivergauging stations were different, not reflecting a spatial evolution proportional to the drainage area. The intermediate rivergauging section presented the highest mean concentration values, while in the upstream section, the values were the lowest. It is observed that spatial heterogeneities strongly influence the suspended sediment concentrations found in river flow.

Key-words: soil erosion, diffuse pollution, agricultural basin.

Suspended Sediment Transport in Agricultural Areas on Different Spatial Scales

ABSTRACT

Spatial scales influence the magnitude of the hydrological processes. This research aims to evaluate the effect of a changing spatial scale in the production and transport of suspended sediments in a watershed. Scales were analyzed ranging from 1 m² (lysimeter) to 29.89 km² (3 rivergauging stations) in Ribeirão Concórdia basin, located in the municipality of Lontras, SC. Samples were collected during 24 floods events, in the period from January 2008 to October 2009. Superficial runoff waters from