

Nutrientes e Metais em Sedimentos Depositados no Rio de Uma Bacia Agrícola no Estado de Santa Catarina

Haline Depiné, Vander Kaufmann

Fundação Universidade Regional de Blumenau, Blumenau – SC

hali_ne@hotmail.com, ambitec.amb@gmail.com

Adilson Pinheiro, Marcos Rivail da Silva

Departamento de Engenharia Civil, Departamento de Química, Fundação Universidade Regional de Blumenau – SC

pinheiro@surb.br, rivail@surb.br

Affonso Celso Gonçalves Jr, Gilmar Divino Gomès

Laboratório de Química Ambiental e Instrumental – Centro de Ciências Agrárias, UNIOESTE

Recebido: 19/10/11 - revisado: 18/11/11 - aceito: 15/06/12

RESUMO

A análise dos depósitos de sedimentos em uma bacia pode caracterizar os processos e mecanismos da erosão nas áreas contribuintes. Neste trabalho são analisados os sedimentos depositados a montante de um vertedor, utilizado para medição de vazão na bacia do ribeirão Concórdia, SC. Os sedimentos depositados durante a passagem de ondas de cheias foram coletados, em diferentes pontos, em perfis verticais e no eixo central do depósito. Eles foram analisados quanto à quantidade, a caracterização granulométrica, e composição química. Foram analisados os elementos químicos N, P, K, Mg, Cu, Zn, Cd, Pb, Cr e Fe. Em dois anos foram registrados 24 eventos de cheias, sendo que os sedimentos foram removidos oito vezes neste período e cinco séries de amostras de sedimentos foram coletadas. A produção específica de sedimentos depositados foi de 2,53 kg ha⁻¹. A composição granulométrica média foi de areia grossa (0,6 - 2,0mm), correspondendo a 465,23 g kg⁻¹. Ela foi pouco variável entre as séries amostrais. No perfil observou-se que a distribuição granulométrica é assimétrica, sendo os sedimentos de maior diâmetro encontrados nas camadas mais profundas. As concentrações médias dos elementos químicos variaram pouco entre os dois anos analisados. As maiores concentrações foram de Ca e Mg.

Palavras-chave: sedimentos, qualidade dos sedimentos, contaminação ambiental.

INTRODUÇÃO

O transporte de sedimento nos canais fluviais contribui para o assoreamento dos corpos de águas superficiais. Carvalho (2008) considera que os reservatórios brasileiros perdem em média 0,5% da sua capacidade de armazenamento de água por ano devido ao assoreamento. Para o mesmo autor, os sedimentos depositados podem estocar espécies químicas, como nutrientes e metais, as quais interfiram na biota aquática.

Nos sistemas fluviais, os sedimentos erodidos são oriundos de diferentes processos, podendo ter origem em erosão laminar nas vertentes da bacia hidrográfica e da erosão dos próprios canais de escoamento. As características do escoamento e do canal são juntamente com as características dos se-

dimentos, os principais fatores que determinam o transporte sólido em um curso de água. Segundo Righetto (1998), genericamente, o transporte sólido pode ocorrer de duas formas, por arraste, em que os sedimentos se movem junto ao fundo, e transporte em suspensão, em que os sedimentos se deslocam heterogeneamente na massa líquida. A deposição destes sedimentos ocorre em locais onde a energia do escoamento disponível para o transporte é insuficiente.

Segundo Guy (1970) partículas finas dos sedimentos são facilmente transportadas em suspensão pelas forças naturais de fluxo tendendo a se mover para fora da área de drenagem. Por outro lado, as partículas maiores são transportadas em suspensão por distâncias muito curtas, ou são arrastadas no leito dos rios enquanto as partículas mais grosseiras refletem maior proximidade da área fon-

te, as partículas mais finas indicam maior distância no transporte.

O conhecimento da quantidade de sedimentos transportada pelos rios é de fundamental importância para o planejamento e aproveitamento dos recursos hídricos de uma região, uma vez que os danos causados pela deposição destes sedimentos dependem da quantidade e da natureza deles, os quais, por sua vez, dependem dos processos de desagregação, transporte e deposição (CARVALHO, 2008). Segundo Salomons (2005) a quantidade e a qualidade dos sedimentos dependem das atividades socioeconômicas e das condições biofísicas dos sedimentos ao longo do rio.

Para Licht (1998), o sedimento de fundo é um material não consolidado, distribuído ao longo dos vales do sistema de drenagem e orientado a partir da interação constante e contínua dos processos de intemperismo e erosão.

Menos de 1% das substâncias que atingem o sistema aquático são dissolvidas em água, consequentemente, mais de 99% são estocadas no compartimento sedimentar (FÖRSTNER *et al.*, 1995). Desta forma, as amostras de sedimento de rios, lagos e reservatórios representam a integração de todos os processos que ocorrem no ecossistema aquático a montante e têm sido investigadas para elucidar a poluição ambiental atribuída aos elementos-traço e substâncias tóxicas. Förstner e Wittman (1981) afirmam que, em ecossistemas aquáticos, o sedimento de fundo representa o principal compartimento de acumulação, reprocessamento e transferência dos elementos-traço.

Métodos diretos são apresentados para medição de sedimentos transportados por arraste em rios. Os amostradores coletam os sedimentos depositados nos pontos em que foram instalados. Eles podem modificar as condições de escoamento, perturbando a amostragem e a estimativa da carga transportada. A eficiência de retenção dos amostradores varia entre 40 e 100%. Assim, o uso de condições específicas de formação de depósito no curso de água, como uma estrutura hidráulica de medição de vazão, pode constituir uma forma adequada para determinação das características dos sedimentos e das espécies químicas transportadas pelo escoamento.

A complexidade do sedimento é muito grande e ainda não se conhecem por completo os mecanismos que atuam na coluna sedimentar, o que dificulta o estabelecimento de critérios químicos rígidos para estabelecer a sua qualidade (MARIANI, 2006). A área de superfície específica das partículas controla a capacidade de adsorção de metais a elas.

Existem valores químicos de referência (concentrações), que são chamados de valores-guia de qualidade de sedimento (VGQS), que servem como base para se avaliar a qualidade do sedimento quanto à presença de substâncias químicas potencialmente tóxicas à biota (CHAPMAN *et al.*, 1999).

Diversas agências internacionais desenvolveram critérios para avaliar a qualidade dos sedimentos, e se algum valor fosse excedido, o sedimento é classificado como poluído. No Brasil não existe uma legislação que regulamente a concentração de metais em sedimentos. Assim, uma maneira de se obter valores limites é comparar os teores de metais encontrados nas amostras de sedimentos com os valores-guia de qualidade de sedimentos (VGQS) internacionais. Para Mudroch e Azcue (1995) existe uma grande limitação em utilizar os valores-guia de qualidade de sedimentos, pois eles são extremamente específicos ao seu local de criação. Para este trabalho utilizou-se o Protocolo Canadense, que estipula valores baseados em um banco de dados químicos e biológicos elaborado pelo Conselho Canadense do Ministério de Meio Ambiente (CCME). O Protocolo Canadense estabelece dois valores-guia de várias substâncias químicas individuais com base em valores de concentração específicos: o TEL (*Threshold Effect Level: concentração de efeito limiar*) e o PEL (*Probable Effect Level: concentração de efeito provável*). Segundo Mozeto *et al.* (2003) esses valores-guia são baseados nas concentrações totais e na probabilidade de ocorrência de efeitos deletérios na biota em decorrência da sua exposição a esses níveis de concentração. O menor limite (TEL) representa a concentração abaixo da qual raramente são esperados efeitos adversos para os organismos aquáticos. O maior limite (PEL), por outro lado, representa a concentração acima da qual são frequentemente esperados efeitos adversos para os organismos.

Neste trabalho, são analisados os sedimentos que formaram depósitos a montante de um vertedor utilizado para medição de vazão. As distribuições granulométricas, as quantidades coletadas bem como a composição química fornecem uma informação completa sobre os sedimentos gerados em uma bacia com uso do solo preponderantemente agrícola.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na bacia do ribeirão Concórdia, localizada no município de Lontras, SC.

O ponto de análise é a seção fluviométrica onde foi construído um vertedor para medição de vazão. Ele é do tipo misto, onde a parte inferior é triangular e a parte superior, retangular, com parede delgada, estando equipado com um sensor de nível de boia, com registro automático, em intervalos de cinco minutos, armazenados em um datalogger. A área de drenagem da bacia contribuinte é de 2,36 km². O uso e ocupação do solo é composto de cerca de 46% de cobertura florestal (nativa e implantada), 18% de pastagens e 36% de agricultura (milho, fumo e hortaliças).

O solo da bacia contribuinte é o Argissolo vermelho-amarelo alítico típico. A área apresenta forma bastante peculiar e ordenada face às intensas modificações ocorridas no decorrer da formação do relevo atual (BACIC *et al.*, 2005). A bacia está sobre um conjunto de litologias, do Grupo Tabuleiro e do Grupo Itajaí (AUMOND e SCHEIBE, 1995). Segundo Curcio *et al.* (2006) ela ocupa em sua maior parte a Unidade Geomorfológica Patamares do Alto Itajaí, subgrupo Itararé, especialmente a Formação Rio do Sul, onde predominam folhelhos, argilitos, diamictitos e siltitos, bem como os grupos Tabuleiro (Suíte Intrusiva Subida) e Itajaí (vulcano-sedimentares). Conforme Bacic *et al.* (2005), a Formação Suíte Intrusiva Subida, de pouca expressão em termos de ocorrência na área tem sua localização limitada à porção noroeste da bacia, junto aos divisores d'água. Constitui-se de granitos circunscritos, intrusivos, alcalinos e pre-alcalinos com colorações avermelhadas, granulação média a grosseira.

Com a instalação do vertedor no braço do Ribeirão Concórdia, ocorreu uma tranquilização de fluxo e redução dos efeitos da turbulência no local, reduzindo, assim, a capacidade de transporte do escoamento e, proporcionando a deposição dos sedimentos a montante, conforme mostrado na Figura 1. Durante a ocorrência de ondas de cheias, depósito de sedimentos é formado, em uma extensão que abrange cerca de 17 m de comprimento e aproximadamente 3 m de largura. Quando o depósito alcança determinada altura, uma operação manual é executada, de modo que os sedimentos sejam removidos, através do descarregador de fundo instalado sob o vertedor. Antes do início desta operação, é determinada a magnitude do depósito, através de levantamento topográfico.

No período compreendido entre março de 2008 e outubro de 2009 foram coletadas cinco séries amostrais. Neste período foi registrada a passagem de 24 ondas de cheia provocadas de diferentes eventos de precipitação intensa. Cada amostra da série é coletada ao longo do eixo do depósito em até três

diferentes pontos distanciados cerca de 4 m um do outro, e no perfil vertical, em três profundidades (0 a 20 cm; 20 a 40 cm e 40 a 60 cm). As amostras, coletadas manualmente, foram acondicionadas em sacos plásticos e mantidas em temperatura ambiente até o processamento, sendo então encaminhadas para laboratório onde os sedimentos são qualificados quanto à composição granulométrica, características químicas e quantificados volumetricamente.



Figura 1 - Vista do vertedor e do depósito de sedimentos

O material foi submetido à secagem em temperatura ambiente, separados em três partes, sendo uma destinada para as análises químicas, outra para a avaliação mineralógica e granulométrica e, a terceira estocada como contraprova. Para determinação dos parâmetros Ca, Mg, K, Cu, Zn, Fe, Mn, Cd, Pb, Cr e Al realizou-se digestão nitro-peróxido (AOAC, 1990) e posterior determinação das concentrações por espectrometria de absorção atômica, modalidade chama em EAA-Chama (WELZ, 1985). Os teores totais de N e P foram determinados por meio de digestão sulfúrica, sendo o N determinado por meio da técnica da destilação de Kjeldahl e o P por meio da técnica de espectrofotometria UV Vis (IAPAR, 1992). As amostras foram submetidas a análises sedimentológicas, tais como,

peneiramento, para separar a fração grosseira da fração textural e pipetagem. A técnica utilizada consistiu na separação das principais classes texturais dos sedimentos grossos e finos. Para os sedimentos grossos ($F > 0,062$ mm), empregou-se um conjunto de peneiras segundo a abertura proposta na NBR 7181/84 (ABNT, 1984), tendo sido classificados de acordo com a NBR 6502/95 (ABNT, 1995). Para os sedimentos de granulometria fina ($F < 0,062$ mm), empregou-se o método de pipetagem, baseado na velocidade de sedimentação das partículas, expressa na Lei de Stokes.

As amostras destinadas ao peneiramento foram lavadas e, posteriormente secas ao ar, e não em estufa, devido à alta incidência de folhelhos ardósianos nas amostras que são facilmente quebrados, quando em contato com o calor. Depois de secas, as amostras foram pesadas e passadas nas peneiras com malhas de aberturas diferentes. O intervalo utilizado foi de 50 mm, 38 mm, 25 mm, 19 mm, 12,7 mm, 9,5 mm, 6,3 mm, 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm e 0,15 mm, separados em dois conjuntos de peneiras. Estes conjuntos, segundo a recomendação normativa deveriam ser colocados em agitador mecânico, por um período de tempo fixo. No entanto, devido à fragilidade das amostras, o peneiramento foi feito manualmente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os parâmetros característicos dos eventos de produção dos depósitos a montante do vertedor. No período de 02/11/2007 a 11/10/2009 foram realizadas 8 limpezas dos depósitos de sedimentos. Os intervalos de tempo entre cada limpeza variaram de 11 a 203 dias. No primeiro intervalo de tempo, os sensores de nível não estavam instalados, não permitindo, assim, medir as vazões escoadas. Em cada intervalo de tempo, a vazão média variou entre 0,032 e 0,209 m³/s, sendo a vazão máxima de 3,270 m³/s, registrada no dia 16/01/2009. Os volumes de sedimentos depositados foram superiores a 12 m³. No período de cerca de 2 anos, foram depositados 238,94 m³, com produção específica de sedimentos de 2,53 t ha⁻¹. Comparando-se os volumes escoados totais e os escoados superficialmente, verifica-se que os coeficientes de escoamentos superficiais são elevados, da ordem de 0,23. Os volumes de escoamento superficial apresentam correlação razoável com os volumes de sedi-

mentos depositados. O coeficiente de determinação é da ordem de 0,49.

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios anuais dos sedimentos coletados no depósito a montante do vertedor, em dois eventos em 2008 e, em três eventos, em 2009. Nota-se que nos dois anos observados, para todos os pontos coletados e diferentes profundidades, os sedimentos são constituídos principalmente por areia grossa, que, segundo a NBR 6502/95 (ABNT, 1995), inclui partículas que variam de 0,6 a 2,0 mm de diâmetro. Os valores de areia grossa encontrados variaram de cerca de 30 a 60% dos valores das amostras.

Constata-se que há uma tendência de partículas de menor diâmetro ocorrendo com maior frequência nos níveis superiores, enquanto sedimentos grosseiros encontram-se em maior profundidade. Na fração fina do sedimento, em todos os pontos amostrados e nas diferentes profundidades, a quantidade de areia foi superior. Carmo *et al.* (2003) destacam que, em épocas chuvosas, a porcentagem de areia aumenta em relação aos outros diâmetros. Em todos os pontos amostrados, e em todas as profundidades de coleta, a fração areia foi, em média, em maior quantidade, 538,81 g kg⁻¹.

Os resultados médios anuais obtidos estão apresentados na Tabela 3. No ponto onde as coletas foram feitas, o vertedor diminui a velocidade da água e, consequentemente, reduz o fluxo e transporte de sedimentos. As partículas maiores de sedimento são transportadas por saltação, deslizamento ou rolamento e seu deslocamento no leito é fortemente influenciado pelo fluxo do leito (CHRISTOFOLLETTI, 1980), ou seja, partículas maiores precisam de mais energia para ser transportadas (XU, 2002). Na bacia, a montante do ponto onde está localizado o vertedor existe duas áreas de contribuição de sedimentos. A estrada geral foi construída ao longo do ribeirão em grande extensão da bacia, tornando-se uma potencial fonte de sedimentos. A outra área de contribuição é uma cascalheira formada predominantemente por afloramentos rochosos, associados a solo raso, com grande quantidade de folhelhos ardósios escuros, que se desprendem facilmente

A estrada recebe constantemente cargas de agregados, aplicados pela Prefeitura Municipal em ações de manutenção. Estes agregados são atualmente provenientes da localidade de Salto Pilão, em Ibirama. Segundo Cursio *et al.* (2006) nessa região ocorrem granitos e outras rochas ígneas intrusivas, fazendo parte da Formação Suíte Intrusiva Subida.

Tabela 1 – Quantificações hidrológicas e sedimentológicas dos eventos

Evento	Intervalo de tempo (d)	Vazão ($m^3 s^{-1}$)		Volume (m^3)			Produção específica de sedimentos ($t ha^{-1}$)
		Média	Máxima	Escoado total	Escoado superficial	Sedimentos depositados	
02/11/07-25/03/08	144					33,96	0,36
19/04/08-14/10/08	203	0,209	1,224	1.750.378	87.800	34,26	0,36
14/10/08-25/10/08	11	0,179	0,510	169.776	39.906	19,25	0,20
25/10/08-06/12/08	42	0,085	1,270	95.558	53.784	12,04	0,13
06/12/08-15/01/09	40	0,032	0,368	114.739	10.232	31,90	0,34
16/01/09-07/03/09	51	0,058	3,270	254.016	59.410	21,94	0,23
07/03/09-29/08/09	175	0,054	1,664	799.632	115.250	38,61	0,41
29/08/09-11/10/09	43	0,094	2,228	456.797	145.101	46,98	0,50

Tabela 2 – Composição granulométrica, média anual, dos sedimentos grosseiros nos pontos amostrais do depósito ($g kg^{-1}$)

Amostra	Areia média		Areia grossa		Pedregulho fino		Pedregulho médio		Pedregulho grosso	
	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009
N1 0-20	236,66	315,61	572,96	382,43	138,94	161,96	51,40	136,90	3,10	
N1 20-40	227,79	41,86	509,43	593,02	72,50	130,32	190,27	163,02	71,78	
N1 40-60	52,09	172,45	479,62	295,97	58,89	266,22	406,62	262,24	2,77	3,11
N2 0-20	194,07	251,65	592,57	432,61	122,85	210,62	90,51	102,72	2,40	
N2 20-40	199,96	380,72	529,93	409,21		38,43		76,61	95,02	
N2 40-60	25,32	140,57	316,24	424,97	71,78	266,23	476,16	152,52	110,5	14,73
N3 0-20	93,06	103,88	549,28	473,35	155,32	146,64	202,34	268,82	7,31	
N3 20-40	151,79	76,25	538,34	422,26	156,79	216,26	153,07	248,61	36,62	
N4 0-20	163,31	240,87	440,89	411,08	115,91	166,29	275,65	153,79	4,25	27,96

Tabela 3 – Composição média anual dos sedimentos do depósito ($g kg^{-1}$)

Ano	Arcia	Silte	Argila
2008	485,85	289,20	224,93
2009	517,80	260,39	221,82

Para um melhor entendimento de possíveis fontes de sedimentos, foi feita a caracterização petrológica dos sedimentos grosseiros das amostras. O resultado obtido está apresentado na Tabela 4.

Na região da bacia do ribeirão Concórdia existem algumas áreas de formações de origem magmática, ou seja, rochas como basalto e granito. Entretanto, as quantidades deste tipo de rocha, que foram encontradas nas amostras coletadas no depó-

sito, provavelmente não são provenientes destas formações, devido ao diâmetro encontrado nas amostras ser muito menor ao encontrado naturalmente na formação. Estes valores se justificariam pela quantidade deste material, que é lançado periodicamente para manutenção das estradas vicinais da bacia.

Tabela 4 – Caracterização petrológica anual dos sedimentos grosseiros ($g kg^{-1}$)

Ano	Tipo de Rocha			
	Magmática	Sedimentar	Metamórfica	Rejeitos
2008	233,65	653,96	93,97	18,42
2009	139,48	759,66	79,25	21,61

Na Tabela 5 são apresentadas as concentrações dos metais analisados nas amostras de sedimentos. São apresentadas as concentrações médias obtidas em cada nível amostrado, com as amostras coletadas nos anos de 2008 e 2009. Nota-se que as maiores concentrações médias dos elementos analisados encontram-se nas profundidades de 20 a 40 cm e de 40 a 60 cm. Estes elementos são facilmente adsorvidos pelas partículas de argila. Devido ao tamanho reduzido, as partículas de argila são transportadas em suspensão. Neste caso, o contato da primeira camada amostral (0 a 20 cm) com a coluna de água pode ser responsável pelas menores concentrações destes elementos no primeiro nível.

Comparando-se as concentrações médias dos elementos nos dois períodos de amostragens, observa-se que as médias foram semelhantes entre as amostras. Para análise deste conjunto de dados, foi utilizada a técnica estatística de análise de variância (ANOVA), que não apresentou diferença estatística com nível de significância de 0,05. Apesar da não existência de diferença estatística, observa-se que os elementos P, Ca, Mg, Cu, Zn e Pb apresentaram maior valor médio dos dois anos na camada de 20 a 40 cm e, os demais na camada mais profunda. Por outro lado, o segundo maior valor médio sempre esteve na camada superior aquela que apresentou o maior valor. Isto poderia ser devido a um processo de movimentação dos elementos químicos no perfil vertical do depósito.

Em bacias rurais, os elementos N, P, K, Ca, Mg tem sua concentração vinculada à característica de ocupação agrícola, o que foi verificado por Minella *et al.* (2007), em seu trabalho de identificação das principais fontes de sedimentos de duas bacias representativas do sistema agrário. Os elementos P e K apresentam grande afinidade pelas partículas de argila e óxidos, ficando facilmente adsorvidos a elas. Sua variabilidade está associada com as práticas de fertilização dos solos (MINELLA, *et al.*, 2007). Ainda segundo os mesmos autores, as concentrações de Ca também estão relacionadas com a variabilidade do uso do solo na bacia. É conhecido que o Ca aplicado nas lavouras como calcário, é para regular o pH do solo. Alguns metais pesados estão vinculados com a agricultura, tais como o Cd, Cu, Cr, Pb e Zn, pois fazem parte da formulação de muitos fungicidas, herbicidas e inseticidas, mas podem estar também relacionados a outros tipos de poluição.

O valor de Cd, não apresenta valor considerável em nenhuma das amostras analisadas. Com relação aos metais contidos nos Valores Guias de Qualidade dos Sedimentos TEL/PEL (CCME,

2002), o Pb teve as médias pouco acima dos valores de concentração química para os quais a toxicidade é pouco provável (35 mg kg^{-1}).

Parte da fração de chumbo insolúvel pode ser incorporada em material particulado de superfície no escoamento, como íons adsorvidos e absorvidos, ou ainda na cobertura de superfície em sedimentos, sendo a maior parte do chumbo retida nos sedimentos e muito pouco transportado em águas de superfície ou subterrâneas (ALLOWAY, 1995).

Os valores de concentração de Cu também se mantiveram pouco acima dos valores de pouca toxicidade ($35,7 - 197 \text{ mg kg}^{-1}$), na maioria das amostras. O Cr teve seus valores médios encontrados bem abaixo dos valores que são considerados para toxicidade pouco provável ($37,3 \text{ mg kg}^{-1}$). O Zn teve comportamento semelhante ao Cr, ficando abaixo dos valores de toxicidade pouco provável em quase todas as amostras, exceto uma amostra de 2009, na cota de 20 – 40 cm de profundidade. O valor encontrado foi $124,39 \text{ mg kg}^{-1}$, e o valor de TEL, para este elemento, é de $123,1 \text{ mg kg}^{-1}$. Segundo Alloway (1995) isto pode estar relacionado ao fato de o zinco prender-se, predominantemente, ao material suspenso antes de ser acumulado ao sedimento.

Pereira *et al* (2007), trabalhando com VGQS no estado de Minas Gerais, classificaram alguns segmentos fluviais analisados como impactados, principalmente para As, Cd, Cr, e Ni, concluindo em seu estudo segundo estes critérios, que esses elementos, nas quantidades encontradas, podem causar efeitos adversos à comunidade bentônica. No entanto, diante das limitações dos valores-guia, de acordo com Gomes *et al.* (2010), para esta finalidade seria necessário o desenvolvimento de testes ecotoxicidades para as condições ambientais da área.

Apesar de não fazer parte dos valores-guia, o Fe merece ser mencionado ($2,53 \text{ a } 3,12 \text{ g kg}^{-1}$). Estes valores podem estar relacionados aos sedimentos que são lançados nas estradas para sua manutenção, onde predominam essencialmente rochas magmáticas (basálticas), ricas em óxidos de ferro, que acabam sendo transportados para o leito do rio por conta da erosão.

As concentrações de metais nos sedimentos depositados podem ser comparadas com monitoramentos em rios brasileiros. Cotta *et al.* (2006) analisando sedimentos em um rio de um parque turístico, no estado de São Paulo, obtiveram concentrações mais elevadas para os metais Zn, Cu, Cr, Cd e Pb. Igualmente, no Estado de Minas Gerais, Gomes *et al.* (2010) obtiveram concentrações mais elevadas de Cd, Cu, Pb e Zn em sedimentos do rio São Francisco, cuja bacia de drenagem possui atividades de

Tabela 5 – Concentração dos metais analisados nas amostras de sedimentos

Nível amostral	Ano	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Cd	Pb	Cr	Fe
		g Kg ⁻¹					mg Kg ⁻¹					
0 - 20	2008	0,59	0,71	9,57	24,90	10,60	48,33	110,00	ND	37,00	16,67	2742,19
	2009	0,49	0,72	8,28	30,82	10,81	34,11	105,67	ND	40,11	13,67	2537,58
20 - 40	2008	0,78	0,76	10,36	27,27	11,34	47,11	121,17	ND	37,78	22,83	2802,65
	2009	0,39	0,81	9,03	28,41	12,13	43,06	124,39	ND	43,72	15,11	2567,39
40 - 60	2008	1,53	0,61	10,33	13,75	8,75	35,25	90,75	ND	12,25	33,25	3124,76
	2009	0,73	0,72	9,08	34,25	12,30	41,17	116,75	ND	37,00	14,58	2639,30
VGQS	TEL						35,7	123	0,6	35	37,3	
	PEL						197	315	3,5	91,3	90	

ND – não detectado

mineração. No entanto, Lima *et al.* (2001), analisando os sedimentos do rio Tubarão, estado de Santa Catarina, sob a influencia da mineração de carvão e Froehner e Martins (2008), analisando sedimentos do rio Barigui, na região metropolitana de Curitiba, encontraram valores similares aos da bacia do ribeirão Concórdia. Isso demonstra que as características da bacia são de fundamental importância na qualidade dos sedimentos encontrados no sistema de drenagem. A geologia da bacia, granulometria e o uso e ocupação do solo controlam as concentrações de metais nas amostras de sedimentos.

CONCLUSÕES

Os sedimentos depositados a montante do vertedor, para todos os pontos coletados e diferentes profundidades, apresentam composição granulométrica predominantemente de areia grossa. Os sedimentos apresentam ainda composição mineralógica de rocha que não coincide com a formação da bacia, indicando que os sedimentos alí depositados são provenientes de outra fonte de origem, podendo ser proveniente das estradas que recebem material durante as operações de manutenção.

Os elementos químicos analisados apresentaram uma pequena variação média. As concentrações médias dos elementos químicos variaram pouco entre os dois anos analisados. As maiores concentrações foram de Ca e Mg. A concentrações de Pb e Cu encontram-se pouco acima dos valores guias ou valores que são considerados de toxicidade pouco provável. Já as concentrações de Cd, Cr e Zn, ficaram abaixo dos valores de toxicidade pouco provável na grande maioria das amostras.

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

- ALLOWAY, B. J. *Heavy metals in soil*, Blackie academic and professional: Glasgow, 1995.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 6502: Rochas e Solos*. Rio de Janeiro, 1995.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 7181: Análise Granulométrica*. Rio de Janeiro, 1984.
- AOAC-Association of Official Analytical Chemists. *Official methods of analysis*, 15. ed. Arlington> AOAC, 1990.
- AUMOND, J. J.; SCHEIBE, L. F. *Correlação entre unidades geomorfológicas e distritos de ocorrência de argilas em Santa Catarina*. Florianópolis, SC. Geosul n° 19/20, Ed. UFSC. 1995.
- BACIC, I. L. Z. ; LAUS NETO, J. A.; CHANIN, Y. M. A.; PANDOLFO, C.; HAMMES, L. A.; DORTZBA-CH, D. *Inventário de Terras – Microcabia Concórdia. Programa de Recuperação Ambiental e de Apoio ao Pequeno Produtor Rural – EPAGRI – Santa Catarina*. 2005

- CCME - Canadian Council of Ministers of the Environment. *Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of aquatic life. Summary tables*, 2002, 7 p.
- CARMO, M. S., BOAVENTURA, G. R., ANGELICA, R. S., *Estudo Geoquímico de Sedimentos de Corrente da Bacia Hidrográfica do Rio Descoberto – Brasília, DF*. Geochim. Brasil., 17(2) p. 106 – 120, 2003.
- CARVALHO, N.O. *Hidrossedimentologia prática*, 2. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro, Interciênciac, 2008, 599 p.
- CHAPMAN, P. M.; WANG, F.; ADAMS, W. J.; GREEN, A. *Appropriate applications of sediment quality values for metals and metalloids*. Environmental Science and Technology, v.33, n. 22, p. 3937 – 3941. 1999.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- COTTA, J. A. O.; REZENDE, M. O. O.; PIOVANI, M. R. *Avaliação do teor de metais em sedimentos do rio Betari no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira – PETAR, São Paulo, Brasil*. Química Nova, v. 29, n.1, p.40-45, 2006.
- CURCIO, G. R.; UHLMANN, A.; SEVEGNANI, L. *A geopolodologia e sua influência sobre espécies arbóreas de florestas fluviais*. Embrapa florestas, Colombo, 2006.
- FÖRSTNER, U.; SALOMONS, W.; STIGLIANI, W. M. *Biogeochemistry of pollutants in soils and sediments*, Springer: Berlim, 1995, cap. 11.
- FÖRSTNER, U.; WITTMAN, G. T. W.; *Metal Pollution in the Aquatic Environment*, 2 ed., Springer-Verlag: Berlin, 1981.
- FROEHNER, S.; MARTINS, R. F. *Avaliação da composição química de sedimentos do rio Barigüi na região metropolitana de Curitiba*. Química Nova, v. 31, n. 8, p. 2020-2026, 2008.
- GOMES, M. V. T.; COSTA, A. S.; GARCIA, C. A. B.; PASSOS, E. A.; ALVES, J. P. H. *Concentrações e associações geoquímicas de Pb e Zn em sedimentos do rio São Francisco impactados por rejeitos da produção industrial de zinco*. Química Nova, v. 33, n. 10, p. 2088-2092, 2010.
- GUY, H. P. *Fluvial Sediment Concepts*. In: *Applications of hydraulics*. USGS. Techniques of Water Resources Investigations of the United States Geological Survey . TWRI 3 - C1. Arlington.VA. 1970.
- IAPAR - FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. *Circular 76: Manual de análises químicas de solo e controle de qualidade*. Londrina, 1992.
- LICHT, O. A. B.; *Prospecção Geoquímica – Princípios, Técnicas e Métodos*, CPRM: Rio de Janeiro, 1998.
- LIMA, M. C.; GIACOMELLI, M. B. O.; STÜPP, V.; ROBERGE, F. D.; BARRERA, P. B. *Especiação de cobre e chumbo em sedimento do rio Tubarão (SC) pelo método Tessier*. Química Nova, v. 24, n.6, p. 734-742, 2001.
- MARIANI, C.F. *Reservatório Rio Grande: caracterização limnológica da água e biodisponibilidade de metais-traço no sedimento*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 2006. 138 p.
- MINELLA, J. P. G., MERTEN, G. H., REICHERT, J. M. & SANTOS, D. R. *Identificação e Implicações para a Conservação do Solo das Fontes de Sedimentos em Bacias Hidrográficas*. R. Bras. Ci. Solo, 31:1637-1646, 2007
- MOZETO, A. A., SILVERIO, P. F., DE PAULA, F. C. F., BEVILACQUA, J. E., PATELLA, E., JARDIM, W. R. *Weakly-bound metals and total nutrient concentrations of bulk sediments from some waters reservoirs in São Paulo state, SE, Brasil*. In: M. Munawar (Ed). *Sediment Quality Assessment and management: Insight and progress: Aquatic Ecosystem Health and Management Society*, 2003.
- MUDROCH, A.; AZCUE, J. *Manual of aquatic sediment sampling*. Florida, EUA: CRC Press, 1995.
- PEREIRA, J. C.; GUIMARÃES-SILVA, A. K.; NALINI JUNIOR, H. A.; PACHECO-SILVA, E. LENA, J. C. *Distribuição, fracionamento e mobilidade de elementos traço em sedimentos superficiais*. Quím. Nova, v.30, n.5, p.1249-1255, 2007.
- RIGHETTO, A. M. *Hidrologia e recursos hídricos*. São Carlos: EESC-USP, 1998. 819p.
- SALOMONS, W. *Sediments in the catchment-coast continuum*. J. Soils & Sediments, v.5, n.1, p. 2-8, 2005.
- XU, J. *Implication of relationships among suspended sediment size, water discharge and suspended sediment concentration: The yellow river basin, China*. Catena, 49, p. 289-307, 2002.

WELZ, B. *Atomic absorption spectrometry*, Weinheim: WHC, 1985.

Nutrients and Metals in Sediments Deposited in a River in an Agricultural Basin in Santa Catarina State

ABSTRACT

The analysis of sediment deposits in a basin can characterize the erosion processes and mechanisms in the upstream contributing area. In this work the sediments deposited upstream from a spillway used for streamflow measurement in the Ribeirão Concordia basin are analyzed. The sediments deposited by passing flood waves were collected at different points in vertical profiles and the central axis of the deposit. They were analyzed for amount, particle size and chemical composition. The chemical elements N, P, K, Mg, Cu, Zn, Cd, Pb, Cr and Fe were analyzed. In two years 24 flood events were recorded and sediments were removed eight times during this period. Five series of sediment samples were collected. The specific production of sediments was 2.53 kg ha^{-1} . The average particle size was coarse sand (0.6 -2.0 mm), corresponding to 465.23 g kg^{-1} . It was less variable between sampling series. The profile showed that the particle size distribution is asymmetric, with the largest sediment diameters found in deeper layers. The average of chemical elements concentrations varied slightly between two years. The highest concentrations were Mg and Ca.

Key-words: sediments, sediment quality in rivers, environmental contamination.