

## PERDA DE ÁGUA, SEDIMENTO E ELEMENTOS QUÍMICOS DURANTE EVENTOS PLUVIAIS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS RURAIS.

\* Jimmy W. Rasche Alvarez<sup>1</sup>; Gilmar L. Schaefer<sup>2</sup>; André Pellegrini<sup>3</sup>; Márcia L. Kochem<sup>4</sup>; Mayara Regina Fornari<sup>5</sup>; Tales Tiecher<sup>3</sup>; Viviane Capoane<sup>6</sup>; Danilo Rheinheimer dos Santos<sup>7</sup>

**Resumo** – As atividades agrícolas geram impactos sobre o ambiente e necessitam de constante estudo e monitoramento para melhorar o entendimento das formas e grau de contaminação. O presente trabalho teve como objetivo quantificar as perdas de sedimento em suspensão, de água e de alguns elementos químicos durante dois eventos pluviais seguidos, em duas pequenas bacias hidrográficas rurais situadas no assentamento Alvorada, em Júlio de Castilhos, Rio Grande do Sul. A partir dos eventos pluviométricos ocorridos nos dias 18 (45,9 mm) e 19 (39,7 mm) de agosto de 2012 foram obtidos dados da vazão, concentração de sedimento em suspensão e de perda de alguns elementos químicos em duas Pequenas Bacias Hidrográficas (PBH's) Rurais (PBH140 e PBH80), através dos cursos hídricos. A PBH140 (144,5 ha) apresentou menor perda de água e maior perda de sedimento que a PBH80 (79,5 ha). As áreas úmidas, embora permitam maior perda de água durante os eventos pluviométricos, são importantes na retenção de sedimentos. As PBH's estudadas apresentaram baixa perda de fósforo, perda moderada de bases e outros elementos químicos que constituem a estrutura do solo e transferência insignificante de elementos traços metálico aos cursos de água.

**Palavras-Chave** – Qualidade da água, degradação do solo, eutroficação.

## WATER, SEDIMENT AND QUIMICAL ELEMENTS LOSSES IN TWO RAINFALL EVENTS IN TWO SMALL RURAL WATERSHED

**Abstract** – Agricultural activities generate impacts on the environment and require constant study and monitoring to improve understanding of the forms and degree of contamination. The present study aimed to quantify the water, sediment and chemical elements losses in two rainfall events followed in two Small Rural Watershed (SRWs). From the rainfall events occurred in 18 (45.9 mm) and 19 (39.7 mm) August 2012 were obtained data of water discharge, suspended sediment concentration, and elements concentration in two SRWs. The SRW140 showed lower water loss and higher sediment loss compared to SRW80. Although wetlands allow greater water losses during rainfall events, they play an important role by trapping the sediments. Both SRWs in this study showed low phosphorus losses, moderate losses of bases and elements that are constituents of the soil structure, and insignificant heavy elements losses.

**Keywords** – Water quality, soil degradation, eutrophication.

<sup>1</sup> Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Bolsista CNPq, UFSM, RS, CEP 97105-300, [jwrasche@yahoo.com.ar](mailto:jwrasche@yahoo.com.ar)

<sup>2</sup> Bolsista de Apoio Técnico a Pesquisa 2A/CNPq, Curso de Agronomia, UFSM, Santa Maria, RS, CEP 97105-900, [gilmarschaefer@yahoo.com.br](mailto:gilmarschaefer@yahoo.com.br).

<sup>3</sup> Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Bolsista CAPES, UFSM, Sta. Maria, RS, CEP 97105-900,

[andre.pellegrini@yahoo.com.br](mailto:andre.pellegrini@yahoo.com.br); [tales.t@hotmail.com](mailto:tales.t@hotmail.com)

<sup>4</sup> Mestranda do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Bolsista CAPES, UFSM, Sta. Maria, RS, CEP 97105-900,

[marciakochem@yahoo.com.br](mailto:marciakochem@yahoo.com.br)

<sup>5</sup> Aluna de graduação em Química, Universidade Federal de Santa Maria; Santa Maria, RS [mayaraforanari@gmail.com](mailto:mayaraforanari@gmail.com)

<sup>6</sup> Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Paraná. Centro Politécnico - Bloco 5, Sala PH17, CEP: 81531-980 Curitiba – Paraná. E-mail: [capoane@gmail.com](mailto:capoane@gmail.com)

<sup>7</sup> Professor Associado, Dpto Solos, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, [danielonesaf@gmail.com](mailto:danielonesaf@gmail.com)

## INTRODUÇÃO

A qualidade da água de um curso hídrico depende da conformação do terreno, da cobertura vegetal e sua distribuição na paisagem, do uso das terras e do grau tecnológico aplicado nas atividades econômicas predominantes na bacia de drenagem (Mota, 2008). A bacia hidrográfica surge, então, como a unidade a ser considerada quando se deseja avaliar o uso e a ocupação do solo, já que as atividades desenvolvidas na mesma têm influência sobre a qualidade e quantidade de água escoada durante os eventos pluviométricos. Dessa maneira, o rio é um integrador dos fenômenos ocorrentes nas vertentes das bacias.

O transporte de nutrientes no escoamento superficial pode ser substancialmente alterado nos sistemas agrícolas onde não há o manejo adequado do solo, quando comparado aos biomas naturais. Juntamente com as partículas de solo erodidas são transportados nutrientes adsorvidos, fertilizantes e moléculas de agrotóxicos (Pellegrini et al., 2008), matéria orgânica (viva e morta) e uma gama de substâncias tóxicas, incluindo metais pesados e patógenos. Estes materiais, por sua vez, podem afetar a saúde dos vários componentes ecológicos de bacias hidrográficas como a biota aquática, a vida do solo, vegetação, fauna e da vasta gama de insetos que dependem da vegetação e corpos d'água, que fornecem alimento para as aves de ordem superior e os animais. Além disso, a água é usada por seres humanos para fins industriais, agrícolas e outros, bem como para consumo doméstico (Conacher, 2002).

Entre os nutrientes perdidos via escoamento superficial, o fósforo (P) por ser um dos responsáveis pelo processo de eutrofização das águas, tem sido foco de vários trabalhos nas últimas décadas. O aumento no teor de fósforo nas águas superficiais desencadeia o aumento da população de plantas aquáticas e, posteriormente, com a morte destas é gerado acúmulo de material orgânico que aumenta a demanda de oxigênio na sua decomposição. Além disso, cianobactérias, como *Microcystis aeruginosa*, proliferam-se em águas ricas em fosfatos, e quando estas morrem liberam hepatotoxinas e neurotoxinas afetando a saúde humana (Cerioni et al., 2008). Além do P, há perda de outros elementos químicos, em especial aqueles mais solúveis (potássio, cálcio, magnésio, enxofre, entre outros), que embora causem baixo impacto no ambiente aquático, o agropecuarista terá que os repor via fertilização.

O presente trabalho teve como objetivo quantificar as perdas de sedimento em suspensão, de água e de alguns elementos químicos durante dois eventos pluviais seguidos, em duas pequenas bacias hidrográficas rurais situadas no assentamento Alvorada, em Júlio de Castilhos, Rio Grande do Sul.

## MATERIAL E MÉTODO

As duas Pequenas Bacias Hidrográficas (PBH's) estão localizadas no assentamento Alvorada, município de Júlio de Castilhos, RS. As águas das PBH's drenam para a bacia hidrográfica do rio Jacuí. A hierarquia fluvial das PBH's seguindo os critérios introduzidos por Strahler (1957) é de terceira ordem. As PBH's possuem 144,5 ha e 79,5 ha e foram denominadas como BH140 e BH80, respectivamente. Em ambas as PBH's o divisor de água foi considerado até o ponto onde foram instaladas seções de monitoramento hidrossedimentológico.

O uso da terra na PBH140 é constituído por 10,2% da área com mata ciliar; 1,9% com silvicultura; 16,8 % com pastagem nativa; 5,3 % com áreas úmidas cobertas por pastagem nativa; 58,6% com lavouras anuais; 1,2 % com estradas; 1,9 % com açudes e 1,6% são ocupadas pelas sedes. A PBH80 apresenta 1,4% da área com mata ciliar; 1,0% com silvicultura; 13,4 % com pastagem nativa; 15,3 % com áreas úmidas cobertas com pastagem nativa; 50,3% com lavouras; 1,0

% com estrada; 0,4 % com açudes; 2,3% são ocupadas pelas sedes das propriedades. O sistema de produção predominante nas PBH's é baseado no cultivo de soja e milho sob sistema plantio direto, com o uso de fertilizantes e agrotóxicos no verão, e pastoreio de aveia e azevém pelo gado no inverno. Nas pastagens nativas de áreas úmidas a atividade pecuária é a predominante.

Na PBH140 se encontra instalada uma estação meteorológica automática (Danvis, Vantage Pro 2), um pluviógrafo que realiza leituras a cada 5 minutos e dois pluviômetros. Na PBH80 foi instalado um pluviógrafo conectado a um datalogger (SL PNV 2000) que registra os dados a cada 5 minutos. Também foi instalado um terceiro pluviômetro na cabeceira desta bacia. A distância entre os exutórios das duas bacias é de aproximadamente 1750 m. Para o monitoramento da vazão foram construídas duas calhas Parshall localizadas nos exutórios das PBH's. Na PBH140 a largura crítica ( $L_c$ ) foi de 1,52 m, com vazões mínimas e máximas entre  $0,017 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  e  $3,35 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , respectivamente. A PBH80 possui  $L_c$  de 1,22 m gerando vazão mínima de  $0,013 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  e máxima de  $2,68 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . Nas duas calhas foram instaladas linígrafos de pressão no interior de um poço estabilizador, conectado a um datalogger (SLPNV 2000) que registra valores em milivolt, em intervalos de 5 minutos e turbidímetros. A altura da lâmina de água e a concentração de sedimento em suspensão (CSS) foram calibradas durante vários eventos pluviométricos. Para a vazão foi aplicada a equação de vazão para calha Parshall, sendo:

$$Q = 2,2 * L_c * H_m^{3/2} \quad (1)$$

Onde  $Q$  = vazão  $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ ;  $L_c$  = largura crítica da calha (m);  $H_m$  = altura da lâmina de água que cruza a secção (m). A separação do escoamento superficial do escoamento de base foi realizada pela inspeção visual, com base na plotagem da recessão da vazão numa escala mono-log e tendência retilínea da mesma (Tucci, 2002). A amostragem de água foi realizada nas secções de controle localizadas nos exutórios das pequenas bacias hidrográficas durante dois eventos pluviométricos, sendo o primeiro de 45,9 mm e o segundo de 39,7 mm, ocorridos nos dias 18 e 19 de agosto de 2012. Os dados apresentado no trabalho começaram a ser considerados a partir das 5h00min do dia 18 até às 11h00min do dia 19 de agosto, totalizando 1800 minutos (30 horas). Nesta época, boa parte das áreas de lavoura, em ambas as bacias, estava sendo utilizadas para pastoreio do gado.

As amostragens foram realizadas manualmente a cada variação na altura da lâmina de água, sendo o número e a frequência de amostragem definidos de acordo com as condições de cada evento. Para a coleta utilizou-se amostrador manual do tipo US DH-48. As amostras foram transportadas ao laboratório de Química e Fertilidade do Solo (LQFS), do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), para ser analisadas. As determinações de pH, turbidez e condutividade elétrica foram realizadas no momento da chegada das amostras ao laboratório. Os elementos químicos quantificados foram: fósforo, cálcio, magnésio, potássio, sódio, alumínio, ferro, manganês, silício, cobre, zinco, chumbo, cádmio, vanádio, titânio, estrôncio, antimônio, níquel, lantânio, cromo, cobalto, berílio, bário e boro. Para quantificar o teor total desses elementos em cada amostra, uma alíquota de 20 mL de água mais sedimento foi digerida em tubos de teflon com 1,0 mL de HCl concentrado e 0,5 mL de  $\text{HNO}_3$  concentrado a  $175^\circ\text{C}$  em forno de micro-ondas (USEPA 1510). Outra alíquota foi filtrada em filtro Milipore 0,22  $\mu\text{m}$  para quantificar os teores solúveis dos elementos avaliados. As leituras foram feitas no ICP-OES e a diferença entre os teores total e solúvel foi considerada como a parte particulada do elemento.

## RESULTADOS

Para o primeiro evento, o volume da precipitação na PBH140 foi de  $66.472 \text{ m}^3$  e na PBH80 foi de  $36.508 \text{ m}^3$ , no entanto o escoamento superficial na PBH140 foi de apenas  $3.252 \text{ m}^3$  (5,1%) e na PBH80 de  $5.564 \text{ m}^3$  (15,2%). O tempo de pico no primeiro evento para ambas bacias foi de 40 minutos e no segundo evento foi de 55 minutos na PBH140 e de 50 minutos na PBH80. Já o tempo

de concentração ( $T_c$ ) entre as duas bacias foi diferente em ambos os eventos, no primeiro evento, o  $T_c$  na PBH140 foi de 90 minutos e na PBH80 foi de 170 minutos. No segundo evento foi de 110 e 165 minutos, respectivamente para a PBH140 e PBH80. Uma das possíveis explicações para essa variação no tempo de concentração é devido ao maior percentual de área de amortização (áreas úmidas) próximo a rede de drenagem. Ambas as bacias apresentam altura de pico similar, no entanto, a PBH80 perde maior porcentagem de água devido, em parte, a pouca mata existente e a maior área úmida, onde o solo já se encontra saturado e portanto existe pouca ou nula infiltração de água no solo antes de iniciar o escoamento superficial. O baixo escoamento superficial nas bacias deve-se a baixa intensidade de precipitação média ( $4,17 \text{ mm h}^{-1}$  e  $3,75 \text{ mm h}^{-1}$  no primeiro e segundo evento, respectivamente), sendo que a máxima intensidade da precipitação foi de  $70,2 \text{ mm h}^{-1}$  no primeiro evento e  $48,6 \text{ mm h}^{-1}$  no segundo evento.

A turbidez e a concentração de sedimentos na PBH140 acompanharam o comportamento da vazão do curso hídrico, sendo maior o poder erosivo quanto maior a intensidade da chuva (Figura 1). Na PBH140 grande parte da área é usada para pastoreio do gado, e a cobertura da bacia, embora tenha plantação de aveia, nabo e azevém, não se encontrava totalmente coberta, devido ao pastoreio excessivo, ficando exposto aos processos erosivos. Já na PBH80, embora a perda de água por escoamento superficial tenha sido maior, a turbidez e concentração de sedimento não acompanharam o comportamento da vazão (Figura 2). A menor turbidez e entrada de sedimento na PBH80 se dão possivelmente porque as áreas úmidas retardam o escoamento superficial, agindo como armadilha e retendo parte do sedimento.

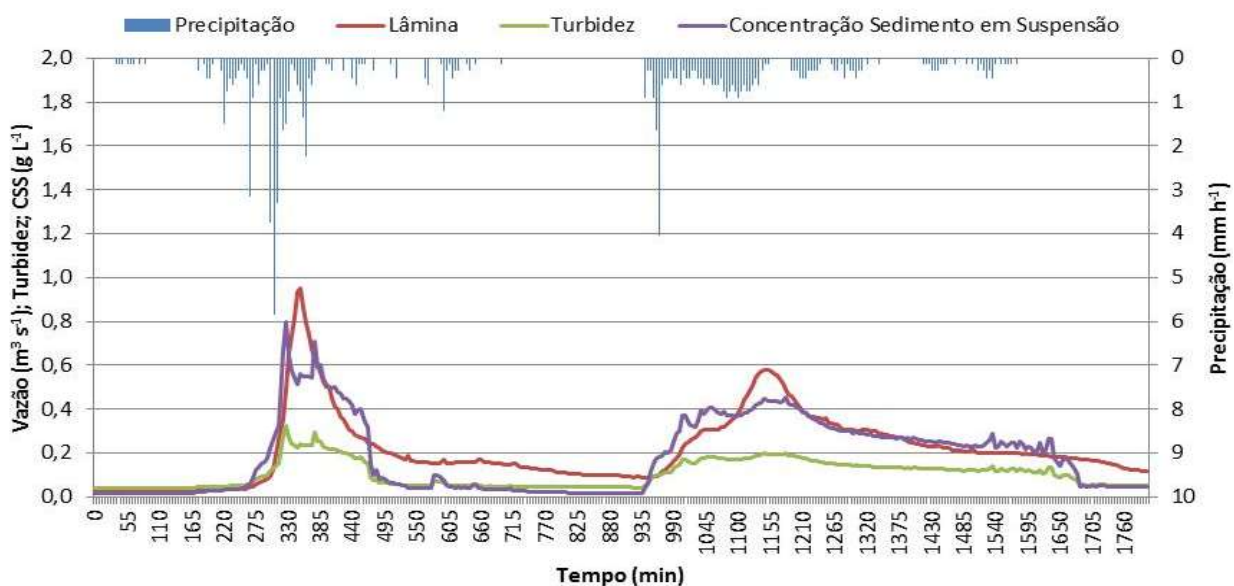


Figura 1 – Precipitação pluvial, vazão, turbidez e concentração de sedimentos em suspensão registrados durante os dois eventos pluviais ocorridos entre o dia 18-19/09/2012, na secção de controle da PBH140, assentamento Alvorada, Julio de Castilhos, RS.

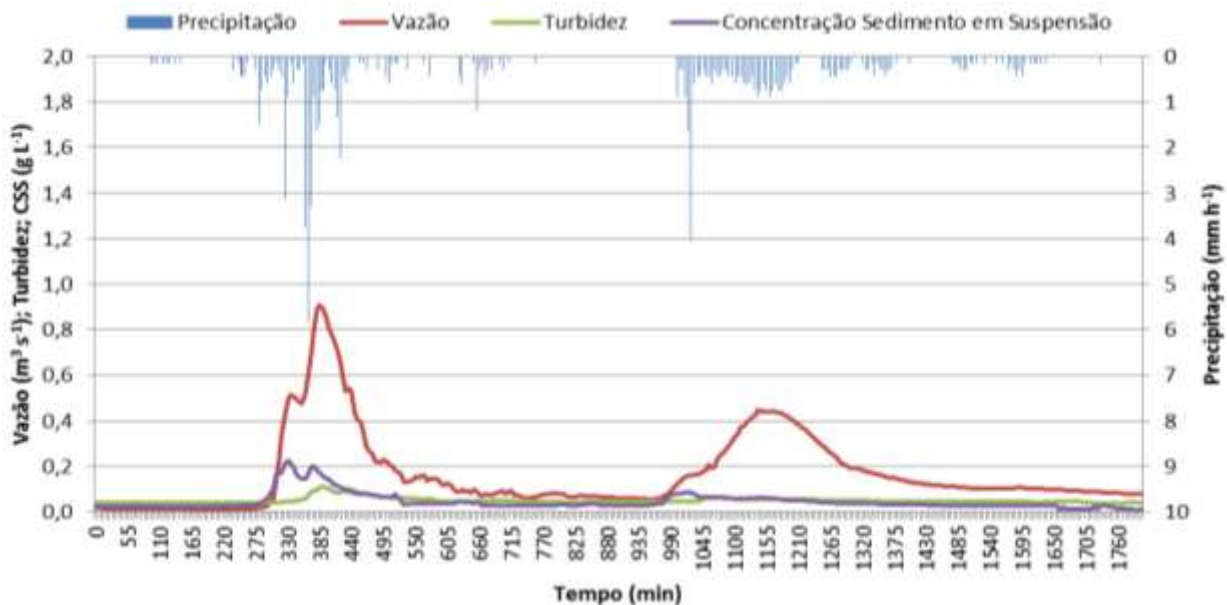


Figura 2 – Precipitação pluvial, vazão, turbidez e concentração de sedimentos em suspensão registrados durante os dois eventos pluviais ocorridos entre o dia 18-19/09/2012, na seção de controle da PBH80, assentamento Alvorada, Julio de Castilhos, RS.

O teor de P total na água escoada na maior parte do tempo foi muito baixo ( $<0,1 \text{ mg L}^{-1}$ ), exceto durante a ocorrência de deflúvio superficial (Tabela 1 e 2). Os parâmetros analisados da água de escoamento de base em ambas as bacias enquadra-se na Classe I de acordo a Resolução do CONAMA n° 357 (BRASIL, 2005). Durante o evento, a máxima concentração de P total na água foi obtida no período de máxima concentração de sedimentos indicando que esse nutriente se encontra quase na sua totalidade na forma particulada. No entanto, a maior concentração na forma solúvel foi obtida, no momento em que a vazão começa a diminuir. A máxima concentração de P solúvel foi de  $0,021 \text{ mg l}^{-1}$  na PBH140 e de  $0,016 \text{ mg l}^{-1}$  na PBH80. A quantidade total de P que passa nos exutórios das bacias é muito baixa ( $0,029$  e  $0,023 \text{ kg ha}^{-1}$  de P na PBH140 e PBH80, respectivamente) comparativamente com bacias de paisagens montanhosas e com cultivo de tabaco (Pellegrini et al. 2008).

A quantificação de alguns elementos químicos representantes dos Grupos I e II da tabela periódica (Ca, Mg, K e Na) evidencia que o manejo do solo, em especial a sua cobertura com vegetação e resíduos, as práticas mecânicas de controle de enxurrada e a adubação estão completamente fora dos padrões mínimos tanto para obtenção de altas produtividades quanto de minimização dos impactos ambientais do uso agrícola das terras. Frisa-se aqui, em especial, os altos valores de K transferidos aos cursos de água na forma solúvel, uma vez que os seus teores no solo já são suficientes e os agricultores insistem em aplicar fertilizantes a lanço na superfície do solo ou por desconhecimento técnico e/ou por pressão das empresas fornecedoras de insumo.

A presença elevada de elementos químicos que constituem a estrutura dos minerais do solo na água dos cursos de água comprova que grande parte dos elementos tem origem geoquímica, pois o Al, Fe, Mn e Si formam parte da estrutura dos minerais do solo e são os que se encontram em maior quantidade, se observa que a maior parte destes elementos se perde na forma particulada, no momento do evento, o teor de Fe, Al e Mn são bastante elevadas enquadrando a água coletada na Classe IV de acordo com a Resolução do CONAMA n° 357 (BRASIL, 2005), no entanto, em dias onde não há precipitação a concentração destes elementos é baixa porque a água apresenta baixas concentrações de sedimento em suspensão.

Tabela 1. Tempo de amostragem, intervalo de tempo integrado, concentração de sedimentos em suspensão (CCS), vazão, concentração e transferência de fósforo total e solúvel na seção controle (calha), durante os dois eventos pluviais ocorridos entre o dia 18-19/09/2012, na seção de controle da PBH140, assentamento Alvorada, Julio de Castilhos, RS.

Tempo de amostragem min	Intervalo de tempo integrado min	CCS kg	Vazão m <sup>3</sup>	Fósforo total		Fósforo solúvel	
				mg L <sup>-1</sup>	kg	mg L <sup>-1</sup>	kg
295	0 – 300	33,0	566,5	0,112	0,064	0,008	0,004
310	300 – 315	52,0	173,5	0,230	0,040	0,010	0,002
320	315 – 320	70,8	106,5	0,367	0,039	0,008	0,001
325	320 – 325	797,6	147,2	0,667	0,098	0,010	0,001
330	325 – 340	252,5	417,4	1,209	0,505	0,014	0,006
345	340 – 355	577,1	1068,2	0,509	0,544	0,015	0,016
365	355 – 395	704,5	1199,4	0,330	0,396	0,008	0,010
405	395 – 385	566,2	1150,5	0,250	0,287	0,019	0,022
465	385- 500	271,2	1048,0	0,159	0,167	0,021	0,022
540	500 – 655	77,2	1470,3	0,111	0,163	0,002	0,003
765	655 – 885	45,5	1771,3	0,088	0,157	0,000	0,000
1010	855 – 1030	229,4	1127,0	0,091	0,103	0,007	0,008
1050	1030 – 1085	391,5	1014,6	0,222	0,225	0,013	0,013
1115	1085 – 1130	494,2	1285,2	0,176	0,227	0,008	0,010
1150	1130 – 1180	657,7	1511,6	0,198	0,300	0,003	0,004
1210	1180 – 1240	584,7	1475,0	0,195	0,288	0,007	0,011
1270	1240 – 1320	500,5	1634,8	0,117	0,191	0,006	0,011
1375	1320 – 1375	449,2	1677,1	0,098	0,165	0,004	0,007
1485	1375 – 1800	736,4	4100,9	0,073	0,299	0,000	0,000
<b>TOTAL</b>		<b>7491</b>	<b>22945</b>		<b>4,255</b>		<b>0,150</b>

Tabela 2. Tempo de amostragem, intervalo de tempo integrado, concentração de sedimentos em suspensão (CCS), vazão, concentração e transferência de fósforo total e solúvel na seção controle (calha), durante os dois eventos pluviais ocorridos entre o dia 18-19/09/2012, na seção de controle da PBH80, assentamento Alvorada, Julio de Castilhos, RS.

Tempo de amostragem min	Intervalo de tempo integrado min	CCS kg	Vazão m <sup>3</sup>	Fósforo total		Fósforo solúvel	
				mg L <sup>-1</sup>	kg	min	min
280	0 - 295	6,0	236,7	0,039	0,009	0,009	0,002
310	295- 315	20,9	139,8	0,144	0,020	0,004	0,000
320	315 - 330	79,0	378,5	0,217	0,082	0,006	0,002
335	330 - 355	107,8	597,8	0,314	0,188	0,004	0,002
370	355 - 380	161,9	924,9	0,255	0,236	0,005	0,004
385	380 - 395	175,8	1065,6	0,283	0,302	0,004	0,004
410	395 - 420	138,0	1114,7	0,151	0,168	0,004	0,005
435	420 - 475	111,7	1297,8	0,098	0,127	0,004	0,005
510	475- 730	95,6	2013,0	0,069	0,139	0,008	0,016
945	730 - 975	28,7	962,7	0,061	0,059	0,000	0,000
1000	975 - 1060	47,9	645,8	0,057	0,037	0,002	0,001
1120	1060 - 1140	104,5	1716,7	0,072	0,124	0,003	0,006
1165	1140 - 1200	89,3	1553,5	0,066	0,102	0,004	0,007
1235	1200 - 1255	48,4	1031,7	0,064	0,066	0,004	0,004
1275	1255 - 1325	38,7	981,0	0,056	0,055	0,003	0,003
1385	1325 - 1495	42,3	1329,1	0,038	0,051	0,000	0,000
1605	1495 - 1800	39,2	1773,2	0,025	0,043	0,000	0,000
<b>TOTAL</b>		<b>1335</b>	<b>17762</b>		<b>1,809</b>		<b>0,062</b>

Tabela 3. Quantidade de elemento químico transferido aos mananciais aquáticos na forma solúvel e teor máximo total ou solúvel encontrado na secção controle (calha), durante os dois eventos pluviais ocorridos entre o dia 18-19/09/2012, na secção de controle da PBH140 e PBH80, assentamento Alvorada, Júlio de Castilhos, RS.

	BH140					BH80				
	Total	Solúvel	Teor Máximo**		Classe	Total	Solúvel	Teor Máximo		Classe
			Total	Solúvel				Total	Solúvel	
Kg	Kg				Kg	Kg				
Fósforo	4,3	0,15 (3,5)*	1,209		Classe IV	1,81	0,06 (3,3)	0,283		Classe IV
Cálcio	51,1	29,2 (57,5)			Classe I	28,30	16,7 (59,0)			Classe I
Magnésio	32,8	14,1 (43,0)			Classe I	23,27	11,8 (50,7)			Classe I
Potássio	82,7	53,9 (65,2)			Classe I	54,60	33,8 (61,9)			Classe I
Sódio	26,3	19,7 (74,9)			Classe I	11,67	7,5 (64,3)			Classe I
Alumínio	315,3	16,6 (5,3)		1,403	Classe I	134,34	4,29 (3,2)		0,583	Classe I
Ferro	185,7	11,1 (6,0)		0,763	Classe III	72,60	4,17 (5,7)		0,733	Classe III
Manganês	7,6	0,43 (5,7)	2,330		Classe IV	1,88	0,24 (12,8)	0,410		Classe IV
Silício	135,5	27,8 (20,5)			Classe I	69,25	11,34 (16,4)			Classe I
Cobre	0,39	0,10 (24,4)		0,009	Classe I	0,11	0,08 (72,2)		0,013	Classe I
Zinco	0,33	0,18 (54,5)	0,078		Classe I	0,28	0,14 (50,0)	0,020		Classe I
Chumbo	0,26	0,05 (19,2)	0,036		Classe IV	0,17	0,06 (35,3)	0,017		Classe IV
Cádmio	0,014	0 (0)	0,001		Classe I	0,01	0 (0)	0,001		Classe I
Vanádio	0,91	0,28 (30,8)	0,154		Classe IV	0,49	0,18 (36,7)	0,065		Classe I
Titânio	36,4	1,8 (4,9)			Classe I	15,26	0,45 (2,9)			Classe I
Estrôncio	0,66	0,31 (47,0)			Classe I	0,38	0,19 (50,0)			Classe I
Antimônio	0,089	0,003 (3,4)	0,006		Classe III	0,086	0,011 (12,8)	0,007		Classe III
Níquel	0,001	0,000 (0)	0,000		Classe I	0,023	0,004 (17,4)	0,003		Classe I
Lantânio	0,27	0,03 (11,1)			Classe I	0,13	0,02 (15,4)			Classe I
Cromo	0,15	0,02 (13,3)	0,027		Classe I	0,11	0,01 (9,1)	0,020		Classe I
Cobalto	0,087	0 (0)	0,024		Classe I	0,026	0 (0)	0,007		Classe I
Berílio	0,103	0,091 (88,3)	0,007		Classe I	0,084	0,069 (82,1)	0,005		Classe I
Bário	2,59	0,58 (22,4)	0,540		Classe I	1,39	0,42 (30,2)	0,205		Classe I
Boro	0,034	0,017 (50,0)	0,004		Classe I	0,052	0,017 (32,7)	0,017		Classe I

\* Valores entre ( ) correspondem a porcentagem diante do total

\*\* Teor máximo total ou solúvel necessário para enquadrar em diferentes classes de acordo a Brasil 2005.

A quantidade de Cu e Zn perdidos nas PBH's durante o evento foi baixa. Considerando que ambos os elementos são bastante solúveis em água se observa que mesmo na maior concentração os mesmos foram enquadrados na Classe I de acordo com Resolução do CONAMA n° 357 (Tabela 3). O baixo teor destes dois elementos também pode ser atribuído à inexistência de granjas de criação de suínos e aviários, que são importantes fontes geradoras de Cu e Zn em bacias hidrográficas rurais.

Cabe destacar que o Pb, V e Sb em ambas bacias, apresentaram níveis elevados, o que os enquadraram na Classe IV, IV e III, respectivamente, de acordo a Resolução do CONAMA n° 357 (BRASIL, 2005), entanto os três elementos apresentam baixa solubilidade, portanto, somente durante os eventos pluviométricos aparecem em excesso nos cursos d'água das PBH's, possivelmente estes elementos são de origem geoquímico antes que de origem antrópico (Tabela 3).

## CONCLUSÃO

A presença de áreas úmidas, embora permitam maior perda de água durante eventos pluviométricos, são fundamentais na retenção de sedimentos.

As PBH's estudadas apresentaram baixa perda de fósforo, perda moderada de outros elementos químicos que constituem a estrutura do solo e insignificante transferência de elementos traços metálicos aos cursos de água. As quantidades de elementos químicos, em especial dos nutrientes, transferidos aos cursos de água das duas bacias hidrográficas seguem o manejo das culturas adotado pelos agricultores assentados, sendo conflitante tanto sob o ponto de vista produtivista como conservacionista.

## RÉFERÊNCIAS

- BRASIL. Resolução do CONAMA n° 357, de 18 de março de 2005. Brasília, DF: Congresso Nacional, 2005.
- CERIONI, E.M.; CAVAGIONI, M.G.; BREIER, T.B.; BARRELLA, W.; ALMEIDA, V.P. (2008). Levantamento de Espécies de Algas Planctônicas e Análise da Água do Lago do Zoológico Quinzinho de Barros, Sorocaba (SP). *Revista Eletrônica de Biologia*. (1- 2) pp 18-27.
- CONACHER, A.A Role for Geomorphology in Integrated Catchment Management. *Australian Geographical Studies*. 40(2):179–195. 2002.
- MOTA, S (2008). Gestão Ambiental de recursos hídricos. - 3. Ed. - Rio de Janeiro: ABES. 343 p.
- PELEGRINI, J.B. R.; RHEINHEIMER, D.S.; GONÇALVES, C.S.; COPETTI C., A.C; BORTOLUZZI, E.C. (2008). Adsorção de fósforo em sedimentos e sua relação com a ação antrópica. *R. Bras. Ci. Solo*, 32, pp 2639-2646.
- POTE, D.H.; DANIEL, T.C.; SHARPLEY, A.M. (1999). Relationship between phosphorus levels in three Ultisols and phosphorus concentrations in runoff. *J. Environ. Qual.* (28)170–175.
- STRAHLER, A. N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology, *Transactions of the American Geophysical Union* 38 (6): 913–920.
- TUCCI, E.M.C. (2002). *Hidrologia: ciência e aplicação*. – 3. ed. – Porto Alegre: Editora da UFRGS/ ABRH.