

Perdas de sedimento e fósforo durante um evento pluvial numa microbacia hidrográfica de cabeceira

F.J.K. MALLMANN⁽¹⁾, C.S. GONÇALVES⁽²⁾, J.B.R. PELLEGRINI⁽²⁾,
D.S. RHEINHEIMER⁽³⁾, J.M. REICHERT⁽³⁾ & A.C.C. COPETTI⁽⁴⁾

RESUMO – O uso do solo fora de sua aptidão e o manejo inadequado do solo ocorrente em áreas declivosas são condições favoráveis ao transporte de sedimentos, nutrientes e agrotóxicos aos cursos de água. O objetivo deste trabalho foi quantificar as perdas de sedimento e de fósforo durante um evento pluvial numa microbacia hidrográfica de cabeceira. Numa secção controle do arroio principal da microbacia hidrográfica do Arroio Lino, em Agudo – RS, foram coletadas amostras de água durante uma chuva de 65 mm, ocorrida no dia 16/10/2004. A secção recebe a água de uma área de 333 ha. A quantidade de sedimentos perdida foi calculada a partir da concentração de sedimentos na água e a vazão do arroio. Amostras do sedimento foram submetidas ao fracionamento físico-químico de fósforo inorgânico. A perda de água da chuva representou 30% do total precipitado na área e o sedimento transportado para o arroio correspondeu a 264 kg ha⁻¹. A quantidade de fósforo total perdida foi de 205 g ha⁻¹. A forma de fósforo particulado potencialmente biodisponível representou 30% do fósforo, sendo que, desse, 60% é prontamente biodisponível. A quantidade média de fósforo total transferida para o riacho durante o período de amostragem teve concentração aproximadamente sete vezes maior que o valor máximo permitido pela resolução número 357 do CONAMA (2005) para águas doces superficiais da classe três, situadas em ambiente lótico e tributário de ambientes intermediários.

Introdução

A pressão demográfica levou à colonização das áreas de encostas, as quais são áreas menos propícias para o desenvolvimento da agricultura tradicional. As famílias que se estabeleceram nestas regiões, retiraram a mata nativa para a implantação de lavouras. O cultivo das culturas anuais se faz com intenso revolvimento do solo. Em várias microbacias hidrográficas de cabeceira, os solos são cultivados com a cultura do fumo (*Nicotiana tabacum*), pois aparentemente tem alto valor agregado em função da maciça utilização de mão-de-obra. No entanto, o cultivo do fumo requer altas doses de fertilizantes e agrotóxicos.

Dentre os nutrientes aplicados, o fósforo, ao ser transferido para os mananciais aquáticos, pode atuar como um dos principais elementos poluentes, auxiliando no fenômeno de eutroficação.

A implantação da cultura do fumo ocorre entre os meses de agosto a outubro, dependendo da região agroecológica. Após o transplante das mudas, o solo é mantido totalmente descoberto (sistema tradicional), parcialmente coberto (cultivo mínimo) e muito raramente totalmente coberto (plantio direto). Mais de 95% das lavouras são cultivadas com o sistema tradicional (lavouração + gradagem + preparo do camalhão). Além disso, o método mais usado de controle de ervas daninhas é a capina mecânica, especialmente porque faz-se necessário reforçar o camalhão (aterramento do fumo). Mesmo quando o fumo atinge o seu máximo crescimento, ele não proporciona alta cobertura do solo. Desse modo, as chuvas que ocorrem na primavera-verão apresentam grande potencial para ocorrência de deflúvio superficial e, conseqüentemente, transferência de nutrientes e agrotóxicos para os mananciais de água [1].

O objetivo deste trabalho foi de quantificar as perdas de sedimento e de fósforo durante um evento pluvial ocorrido no segundo semestre do ano de 2004, numa microbacia hidrográfica de cabeceira, com predomínio de cultivo de fumo.

Palavras-chave: poluição da água, eutroficação, fumicultura, microbacia.

Material e métodos

O estudo foi realizado na Microbacia Hidrográfica (MBH) de cabeceira do Arroio Lino, localizada no distrito de Nova Boêmia, município de Agudo, RS. Ela se encontra na região de transição entre o planalto e a depressão central do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas UTM 6.733.500 – 6.737.000N e 280.000 – 283.500E.

A MBH teve um ponto escolhido, chamado de secção controle, que possibilitasse a coleta das amostras e representasse a união dos diferentes solos e ocupações deste ambiente (Fig. 2). Nesse ponto foi construída uma calha com fundo nivelado e largura conhecida. A área abrangida pela secção controle é de 333 ha, e foi delimitada a partir do ponto de coleta até o divisor de águas, baseado em fotografias e caminhamento com marcação de pontos com GPS.

Segundo levantamento realizado na MBH no segundo semestre de 2004, as áreas destinadas às lavouras anuais somam 100 ha, o que corresponde a 30% da área monitorada. As lavouras anuais têm em torno de 74% do cultivo destinado à lavoura de fumo (principal cultura da localidade). O restante das áreas de lavoura é ocupado

pelas lavouras de milho, pousio, feijão e culturas de subsistência (hortigranjeiros, batata doce, cana-de-açúcar, mandioca, entre outros). Dos solos das áreas de lavouras anuais, 25% são mobilizados e 60% parcialmente mobilizados (Fig. 2), caracterizando os sistemas de preparo do solo convencional e cultivo mínimo, respectivamente.

As amostras de água foram coletadas na seção controle durante e após um evento pluvial ocorrido no 2º semestre de 2004 (16/10/2004), que teve precipitação total de 65 mm. As 31 amostras foram coletadas usando um amostrador de haste do tipo US DH-48, em função da variação na altura da lâmina de água da calha. Então, foram armazenadas em frascos plásticos de 500 ml.

A precipitação foi monitorada a cada 10 minutos através da leitura de um pluviômetro instalado na seção controle.

A vazão da água do arroio foi determinada através de uma equação estabelecida anteriormente para aquela calha ($Y=10,544X^{1,2666}$), onde X é a altura da lâmina de água do arroio.

Após a coleta, as amostras foram enviadas ao Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da Universidade Federal de Santa Maria – RS, onde se realizaram as determinações de concentração de sedimentos e fracionamento físico-químico do fósforo inorgânico.

A concentração de sedimentos das amostras foi determinada através da secagem em estufa a 105°C de um volume conhecido de água + sedimento, e posterior pesagem do sedimento.

O fracionamento físico-químico do fósforo inorgânico foi feito segundo metodologia proposta por Haygarth & Jarvis [2], compreendendo as frações de fósforo total (Pt), fósforo particulado potencialmente biodisponível (Pppb), fósforo particulado biodisponível (Ppb), que são frações determinadas na fração integral, e o fósforo solúvel (Ps), que é determinado após filtragem em filtros milipore de 0,45 micrômetros [3].

O fósforo total foi determinado pela digestão ácida ($H_2SO_4 + H_2O_2$) de 0,5 g de sedimento aliada à presença de $MgCl_2$ saturado, segundo metodologia proposta por Rheinheimer [4].

O fósforo particulado biodisponível é o que está ligado ao sedimento com menor energia. Ele foi determinado por extração com resina trocadora de ânions, e descontado o fósforo solúvel. Alíquotas da amostra não filtrada, variáveis de acordo com a concentração de sedimento, foram pipetadas para tubos de tampa com rosca. Adicionou-se uma lâmina de resina trocadora de ânions (RTA) e uma lâmina de resina trocadora de cátions (RTC) saturadas com $NaHCO_3$. Os tubos foram agitados por 16 horas em agitador sem fim a 30 rpm e temperatura $\pm 25^\circ C$ [5].

O fósforo particulado potencialmente biodisponível foi estimado por meio de extrações sucessivas com RTA + RTC realizadas após a primeira extração, seguindo a mesma metodologia descrita anteriormente.

As extrações foram diárias até que os teores de fósforo se tornassem constantes e próximos de zero [4], chegando a um total de sete extrações.

Resultados e Discussão

A chuva em estudo foi de 65 mm e a área de contribuição para a seção controle é de 333 ha, o que equivale a uma precipitação total de 216.450 m³. A quantidade de água que passou pela calha foi de 64.013 m³ (Tabela 1), ou seja, 30% da precipitação total.

Houve grande variação na vazão do arroio durante o período amostrado (Fig. 3). Os dois picos de vazão ocorreram em função da maior intensidade da precipitação ocorrida nos momentos anteriores a estes. A vazão do arroio no primeiro pico foi de 2,21 m³ s⁻¹, imediatamente após a precipitação de 35 mm, intensidade de 21 mm h⁻¹. O segundo pico apresentou vazão superior, 3,23 m³ s⁻¹, após precipitação menor, 16 mm, e menos intensa, 10,7 mm h⁻¹. A maior vazão ocorrida no segundo pico, contrastando com volume e intensidade maiores ocorridos durante o primeiro, ocorre porque no início da chuva a maior parte da água infiltra no solo. Com o transcorrer da chuva, o solo vai saturando e/ou ocorre o processo de selamento superficial, resultante da desagregação das partículas de solo, dificultando a infiltração da água. Assim, a água que cai sobre o solo, principalmente em áreas mais declivosas e sem cobertura vegetal, tende a escoar para dentro do arroio.

A concentração de sedimentos (Tabela 1 e Fig. 4) acompanhou o comportamento da vazão do arroio, ou seja, quanto maior a intensidade da chuva, maior o seu poder erosivo. A perda total de sedimentos durante a chuva (Tabela 1) chegou próximo a 88 toneladas, que corresponde a uma perda média de 264 kg ha⁻¹.

Os teores de fósforo total (Pt), fósforo particulado potencialmente biodisponível (Pppb) e fósforo particulado biodisponível (Ppb) (Tabela 1) apresentaram alta variabilidade durante o período de coleta. Mas, semelhantes ao comportamento dos sedimentos, tiveram seus picos junto com os picos de vazão.

A concentração de fósforo total na água do arroio variou de 0,24 a 4,43 mg Pt l⁻¹ e sempre esteve acima de 0,15 mg Pt l⁻¹, que é o valor máximo permitido para águas superficiais de classe três, em ambientes lóticos e tributários de ambientes intermediários, segundo a resolução número 357 do CONAMA [6].

A perda acumulada de fósforo total durante o período de amostragem foi de 68,34 kg, a de fósforo particulado potencialmente biodisponível foi de 20,97 kg e a de fósforo particulado biodisponível foi de 12,43 kg. Em valores médios, considerando que toda superfície da área de captação da seção controle tem a mesma taxa de infiltração e escoamento superficial, essas quantidades correspondem a 205, 63 e 37 g ha⁻¹, respectivamente.

Segundo Pellegrini [7], os teores de fósforo total, fósforo particulado potencialmente biodisponível e fósforo particulado biodisponível provenientes do escoamento superficial são bem maiores nas áreas onde a cobertura

florestal apresenta-se mais restrita. Portanto, são as lavouras anuais sob sistema de plantio convencional as que mais contribuem com a contaminação dos cursos de água.

Então, como as áreas sob cultivo agrícola são as responsáveis pela maior parte das perdas de fósforo e sedimentos, e somente 30% da área de coleta da seção controle é usada para esse fim, nas lavouras as perdas podem atingir valores até três vezes maiores que a média observada acima.

Dentre as perdas de fósforo, aproximadamente 30% do fósforo total está na forma de fósforo particulado potencialmente biodisponível e quase 60% do fósforo particulado potencialmente biodisponível encontra-se na forma de fósforo particulado biodisponível. Isso nos mostra a alta dessortividade deste fósforo perdido, apresentando assim um alto potencial poluente dessas águas.

Considerando a perda de 68,34 kg de fósforo total e o valor máximo estabelecido pelo CONAMA [6] ($0,15 \text{ mg Pt l}^{-1}$), seriam necessários em torno de 456.000 m³ de água para diluir essa quantidade de nutrientes e diminuir o teor para dentro de níveis aceitáveis. Isso equivalente a uma diluição de mais de sete vezes, ou seja, cada litro de água do arroio perdida durante essa chuva, em média, tem potencial para poluir mais seis litros de água pura de rios e lagos, como é o caso dos rios Jacuí ou Guaíba e a lagoa dos Patos.

As perdas de sedimento e fósforo nessa MBH podem ser então atribuídas à baixa capacidade de infiltração de água no solo, grande número de estradas e destruição da mata ciliar (Fig. 2) alta declividade e comprimento de rampas (Fig. 1) e ao revolvimento e exposição do solo nas áreas de lavoura [8].

Para reduzir esse impacto, as áreas impróprias para o cultivo agrícola deveriam ser substituídas pelo reflorestamento e, nas demais áreas, devem, pelo menos, ser tomadas medidas conservacionistas mais intensas, visando à manutenção da qualidade do solo e, principalmente, diminuir a agressão ao meio ambiente.

Conclusão

1. A concentração de sedimentos e as diferentes formas de fósforo tiveram forte relação com a vazão do arroio. Durante os picos da vazão foram verificadas as maiores concentrações de sedimentos e fósforo na água, e as menores ocorreram na fase de descida do segundo pico.

2. Os sedimentos perdidos da MBH do Arroio Lino apresentam teores de fósforo total entre 0,24 e 4,43 mg l⁻¹, sendo superiores ao nível crítico estabelecido pelo CONAMA ($0,15 \text{ mg Pt l}^{-1}$) em todas as fases do evento pluvial.

Tabela 1. Vazão e concentração de sedimentos, fósforo total (Pt), fósforo particulado potencialmente biodisponível (Pppb) e fósforo prontamente biodisponível (Ppb) que passou pela seção controle (calha) do arroio Lino, durante a precipitação pluvial ocorrida na MBH em 16/10/2004.

3. O fósforo particulado potencialmente biodisponível representa 30% do fósforo total perdido na MBH do Arroio Lino, enquanto que 60% do fósforo particulado potencialmente biodisponível corresponde à forma de fósforo particulado biodisponível.

4. A quantidade de fósforo total transferido da MBH do Arroio Lino durante a amostragem tem capacidade de poluir uma quantia de 456.000 m³ de água, o equivalente a seis litros de água pura para cada litro de água do arroio.

Referências

- [1] GONÇALVES, C.S. 2003. *Qualidade de águas superficiais na microbacia hidrográfica do arroio Lino Nova Boêmia - Agudo - RS*. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Agronomia, UFSM, Santa Maria, RS.
- [2] HAYGARTH, P.M. & JARVIS, S.C. 1999. Transfer of phosphorus from agricultural soils. *Advances in Agronomy*, 66: 196-249.
- [3] MURPHY, J. & RILEY, J. P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analitica Chimica Acta*, 27: 31-36.
- [4] RHEINHEIMER, D.S. 2000. *Dinâmica do fósforo em sistemas de manejo de solos*. Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, RS.
- [5] KROTH, P.L. 1998. *Disponibilidade de fósforo no solo para plantas e fatores que afetam a extração por resina de troca em membrana*. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, RS.
- [6] BRASIL 2005. *Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005*. Ministério do Meio Ambiente.
- [7] PELLEGRINI, J.B.R. 2005. *Fósforo na água e no sedimento na microbacia hidrográfica do arroio Lino - Agudo - RS*. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFSM, Santa Maria, RS.
- [8] GONÇALVES, C.S. 2007. *Caracterização de sedimentos e de contaminantes numa microbacia hidrográfica antropizada*. Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Agronomia, UFSM, Santa Maria, RS.

Hora	Vazão		Sedimentos		Pt		Pppb		Ppb	
	m ³ s ⁻¹	m ³	g l ⁻¹	kg	mg l ⁻¹	kg	mg l ⁻¹	kg	mg l ⁻¹	kg
08:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08:13	0,12	48	0,39	19	0,50	0,02	0,24	0,01	0,23	0,01
08:19	0,18	55	2,24	122	1,07	0,06	0,45	0,02	0,35	0,02
08:27	0,33	123	2,06	253	1,02	0,12	0,49	0,06	0,38	0,05
08:32	0,54	130	3,18	413	1,86	0,24	0,64	0,08	0,43	0,06
08:38	0,89	256	3,73	955	1,79	0,46	0,75	0,19	0,45	0,12
08:44	1,17	371	3,09	1146	1,85	0,69	0,77	0,28	0,46	0,17
08:55	1,49	879	4,39	3858	4,07	3,58	0,80	0,70	0,38	0,33
09:16	1,61	1952	3,41	6658	3,16	6,16	0,67	1,31	0,37	0,73
09:29	1,92	1374	3,29	4516	2,93	4,02	0,59	0,80	0,34	0,47
09:38	2,21	1115	3,55	3958	2,97	3,31	0,41	0,46	0,14	0,16
09:48	2,04	1276	3,53	4511	2,38	3,04	1,13	1,44	0,62	0,79
10:06	1,52	1923	2,41	4628	1,72	3,32	1,18	2,27	0,54	1,04
10:24	1,08	1403	1,58	2224	1,26	1,77	0,68	0,96	0,40	0,56
10:49	0,76	1376	0,93	1273	0,79	1,09	0,49	0,68	0,35	0,48
11:39	0,57	1993	0,38	765	0,50	1,00	0,20	0,39	0,12	0,25
12:55	0,50	2440	0,25	601	0,40	0,98	0,13	0,33	0,10	0,24
13:44	0,61	1627	0,50	808	0,48	0,78	0,22	0,36	0,16	0,26
13:51	0,84	303	1,31	396	0,76	0,30	0,30	0,09	0,22	0,07
13:57	1,23	372	2,94	1092	2,01	0,75	0,67	0,25	0,45	0,17
14:01	1,84	368	4,70	1731	2,86	1,06	1,07	0,39	0,57	0,21
14:06	2,54	657	5,58	3665	3,42	2,24	1,14	0,75	0,56	0,37
14:12	3,20	1033	6,51	6723	4,14	4,27	1,11	1,14	0,42	0,43
14:18	3,23	1157	6,48	7500	3,55	4,11	0,88	1,02	0,35	0,41
14:25	2,71	1246	5,60	6972	4,43	5,52	0,82	1,02	0,40	0,50
14:36	2,10	1588	3,71	5892	2,92	4,63	0,66	1,05	0,41	0,65
14:56	1,59	2219	1,75	3886	1,39	3,09	0,45	1,00	0,34	0,75
15:37	1,27	3527	0,76	2697	0,44	1,55	0,15	0,54	0,12	0,41
16:56	1,36	6243	0,54	3396	0,36	2,22	0,11	0,69	0,08	0,51
18:03	1,64	6032	0,53	3184	0,41	2,47	0,14	0,84	0,12	0,71
20:00	1,46	10880	0,21	2268	0,29	3,15	0,09	0,95	0,07	0,77
22:00	1,33	10045	0,18	1771	0,24	2,41	0,09	0,89	0,08	0,76
TOTAL		64013		87880		68,34		20,97		12,43

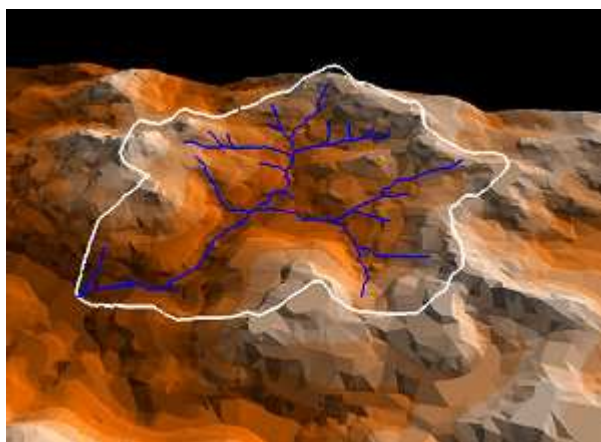


Figura 1. Declividade e rede de drenagem da Microbacia Hidrográfica do Arroio Lino, Agudo – RS.

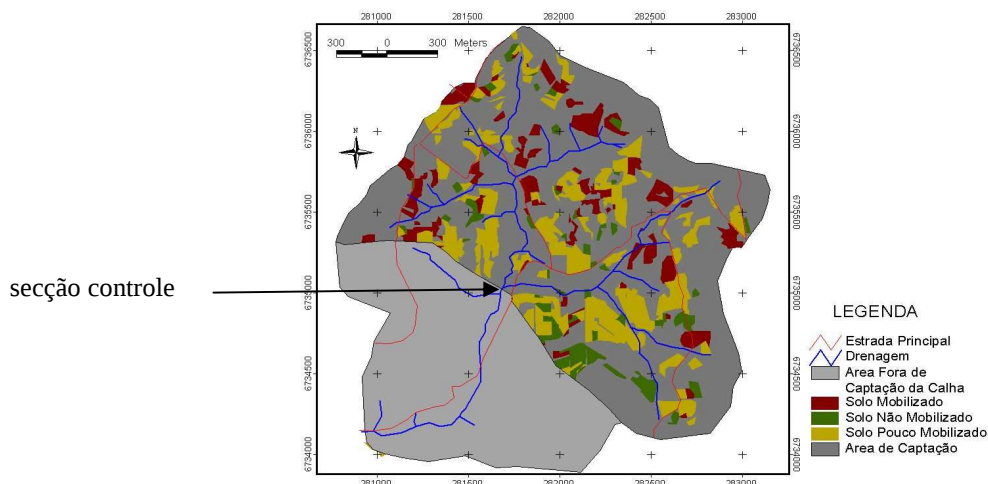


Figura 2. Mapa cartográfico da seção controle (calha) da MBH, sistemas de drenagem, principais estradas e a mobilização do solo para plantio no 2º semestre de 2004.

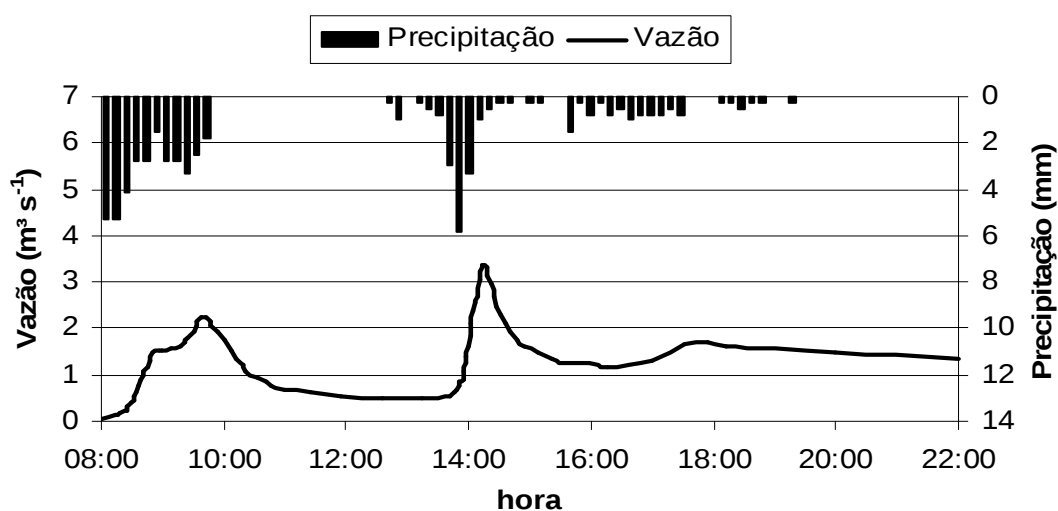


Figura 3. Precipitação pluvial e vazão registradas durante um evento pluvial ocorrido no dia 16/10/2004, na seção controle da Microbacia Hidrográfica do Arroio Lino, Agudo, RS.

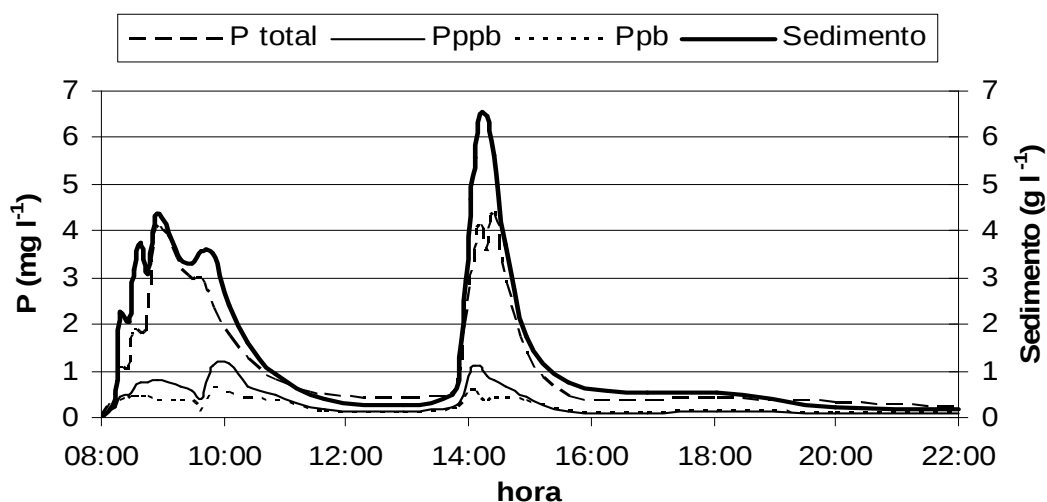


Figura 4. Concentração de sedimento, fósforo total (Pt), fósforo particulado potencialmente biodisponível (Pppb) e fósforo particulado biodisponível (Ppb) das amostras de água coletadas durante uma precipitação pluvial ocorrida no dia 16/10/2004 na seção controle da Microbacia Hidrográfica do Arroio Lino, Agudo, RS.