

Produção de sedimentos numa bacia hidrográfica a partir de duas metodologias de amostragem⁽¹⁾

André Tiago dos Santos⁽²⁾; Jean Paolo Gomes Minella⁽³⁾; Daniel Gustavo Allasia Piccilli⁽⁴⁾; Gustavo Henrique Merten⁽⁵⁾; Pedro Cunha⁽⁶⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

⁽²⁾ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental; Universidade Federal de Santa Maria; Santa Maria; Rio Grande do Sul; atsantos85@gmail.com; ⁽³⁾ Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria; ⁽⁴⁾ Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental; Universidade Federal de Santa Maria; ⁽⁵⁾ Professor do Departamento de Obras Hidráulicas do Instituto de Pesquisas Hidráulicas; Universidade Federal do Rio Grande do Sul; ⁽⁶⁾ Especialista em Recursos Hídricos; Agência Nacional das Águas.

RESUMO: As atividades humanas têm contribuído para a aceleração dos processos erosivos, que por sua vez acarretam numa série de problemas diretos e indiretos. O monitoramento é a forma mais indicada pela pesquisa científica para entender melhor os processos envolvidos e assim desenvolver técnicas que visam à redução destes impactos. Dentro deste contexto, este trabalho teve por objetivo avaliar a produção de sedimentos na bacia hidrográfica do rio Guaporé a partir dos dados medidos pela Agência Nacional de Águas (ANA) baseado em campanhas de campo (3 a 4 vezes ao ano) e através de medições em eventos de precipitação de grande e de média magnitude feitas pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). A partir destas medições foi gerada uma curva-chave de sedimentos para cada forma de medida, analisando-se a produção de sedimentos numa série de 10 anos (2002-2012). Observou-se que a série calculada através do uso das medidas concentradas em eventos de precipitação foram cerca 4 vezes maior que a estimativa dada pela equação ajustada pelos dados da ANA, baseada em campanhas de campo.

Palavras chave: Erosão, Descarga sólida, Vazão.

INTRODUÇÃO

O processo erosivo acelerado pela ação antrópica traz consigo diversos problemas, tais como o transporte de nutrientes e poluentes para os cursos d'água, mudanças nos padrões de qualidade da água, assoreamento de rios e reservatórios e ainda perdas de fertilidade do solo (Horowitz, 2003).

A análise do transporte de sedimentos em suspensão nos rios constitui uma grande ferramenta de entendimento do fenômeno da erosão (Vestana, 2007). Para Santos et al (2001) o uso da curva-chave (amplamente utilizada nas pesquisas em hidrosedimentológicas) apresenta uma série de incertezas devido principalmente a complexidade

dos fatores envolvidos no processo erosivo.

Estes processos somente poderão ser compreendidos de forma mais clara através de um monitoramento contínuo das descargas líquidas e sólidas, o que é relativamente caro financeiramente e logisticamente (Minella et al, 2008).

O método clássico de monitoramento hidrossedimentométrico é embasado na coleta de uma série de dados de precipitação, vazão e concentração de sedimentos ao longo do tempo. Estas informações permitem o cálculo do fluxo de sedimentos, caracterizado pela descarga sólida de sedimentos em suspensão e a produção de sedimentos (Minella, 2007).

A frequência das medições deve ser determinada principalmente em função das previsões de chuvas (seguindo-se o calendário hidrológico) e não por campanhas de campo que muitas vezes não coincidem com eventos de média a grande magnitude.

Para Carvalho (2000), 90% do transporte de sedimentos em suspensão ocorrem em apenas 10% do tempo, ou seja, são durante os eventos de média a grande magnitude que ocorrem as maiores concentrações de sedimentos em suspensão nos corpos hídricos.

Este trabalho teve por objetivo avaliar a produção de sedimentos na bacia hidrográfica do rio Guaporé a partir da metodologia convencional utilizada pela Agência Nacional de Águas (ANA) e da metodologia adotada pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi feito na bacia hidrográfica do rio Guaporé, que está situada na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, possuindo uma área de drenagem de 2030 km². Possui um relevo que varia de ondulado a fortemente ondulado, com

grande diversidade de classes de solo.

A estação de monitoramento está situada nas coordenadas $-28^{\circ} 54' 41''$ e $-51^{\circ} 57' 10''$, conforme pode ser observado na **figura 1**.

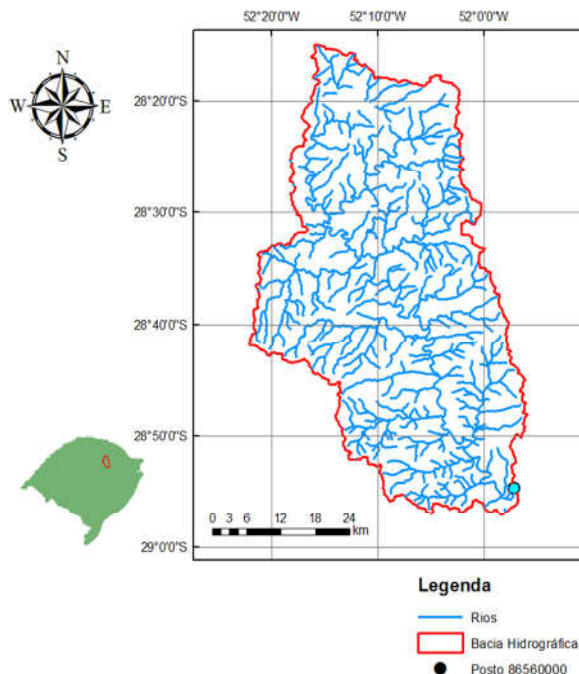


Figura 1 – Bacia hidrográfica do rio Guaporé – RS.

O monitoramento teve início em abril de 2011 e término na metade do mês de dezembro do mesmo ano, sendo que de 19 de junho a 23 de julho teve um período de falhas, o qual não foi monitorado. Durante todo o ano de 2012 o monitoramento foi contínuo e sem falhas.

A seção de monitoramento é composta por sensores de turbidez (turbidímetro), de nível (linígrafo), de precipitação (pluviógrafo) e um sistema armazenador de dados, com registro de dados em intervalos fixos de 10 minutos. A estimativa da concentração de sedimentos em suspensão foi realizada pela calibração do sensor de turbidez utilizando dados concomitantes de concentração e turbidez durante eventos de cheia.

Os dados de vazão e concentração de sedimentos em suspensão, obtidos a partir das medições de nível e turbidez na seção de monitoramento, foram utilizados para determinar a produção de sedimentos durante o período monitorado.

Uma das vantagens do uso desta técnica em relação aos dados medidos pelos métodos convencionais adotados pela ANA (campanhas de campo), é que a mesma possibilita a coleta da informação de turbidez (utilizada para estimar a C_{ss}) de forma praticamente instantânea durante os

eventos de precipitação.

Para a elaboração deste trabalho, foram utilizados ainda os dados obtidos a partir do Portal Hidroweb da Agência Nacional de Águas (ANA), do Posto Fluviométrico Linha Colombo (código 86560000),

Esta seção apresenta uma série histórica de vazões que se estende do ano de 1939 até 2012.

O mesmo Posto contém dados sedimentométricos de 1979 a 2012, no qual as medidas foram feitas através de campanhas de campo (raras às vezes de coincidência com eventos de alta magnitude) e utilizando-se de metodologias convencionais de amostragens de sedimentos.

Neste trabalho optou-se por avaliar uma série histórica reduzida a fim de não extrapolar muito a equação de ajuste da curva-chave obtida através dos dados medidos durante os eventos de precipitação, uma vez que os mesmos apresentam uma série histórica reduzida quando comparada com a série da ANA. A série analisada compreende o período dos anos de 2002 a 2012, portanto 10 anos de análise.

Para o cálculo da descarga sólida de sedimentos foi utilizada a **equação 1** proposta por Carvalho (1994):

$$Q_{ss} = 0,0864 \cdot C_{ss} \cdot Q \quad (1)$$

Sendo Q_{ss} a descarga sólida de sedimentos (t/d), Q a vazão do rio no momento da coleta da amostra (m^3/s) e C_{ss} a concentração de sedimentos em suspensão (mg/l).

Para a elaboração da curva-chave de sedimentos foi ajustado um modelo do tipo potencial, conforme a **equação 2**:

$$Q_{ss} = aQ^b \quad (2)$$

Sendo, Q_{ss} a descarga sólida de sedimentos (t/d), Q corresponde a sua respectiva descarga líquida e a e b são parâmetros de ajuste do modelo.

Com o intuito de verificar as variações entre um método e outro, foi feito o cálculo das diferenças entre as Q_{ss} , conforme a **equação 3**:

$$Dif = Q_{SS_{UFMS}} - Q_{SS_{ANA}} \quad (3)$$

Sendo Dif a diferença das estimativas das Q_{ss} entre os dois métodos testados (t/d), $Q_{SS_{ANA}}$ a descarga sólida de sedimentos em suspensão obtido através dos dados monitorados pela ANA (t/d) e $Q_{SS_{UFMS}}$ a descarga sólida de sedimentos em suspensão calculada a partir dos dados medidos pela UFMS (t/d).

Para o cálculo da produção de sedimentos na

bacia hidrográfica, foi utilizada a **equação 4**:

$$P_s = \frac{\sum_1^n Q_{ss}}{A} \quad (4)$$

Sendo P_s a produção de sedimentos anual da bacia ($t/km^2/ano$), n o número de dias por ano, Q_{ss} a descarga sólida de sedimentos (t/d) e A corresponde a área da bacia hidrográfica (km^2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi construída a curva-chave de sedimentos a partir das medidas históricas oriundos do banco de dados da ANA da série medida pela UFSM. Estas duas séries são resumidas na **figura 2**:

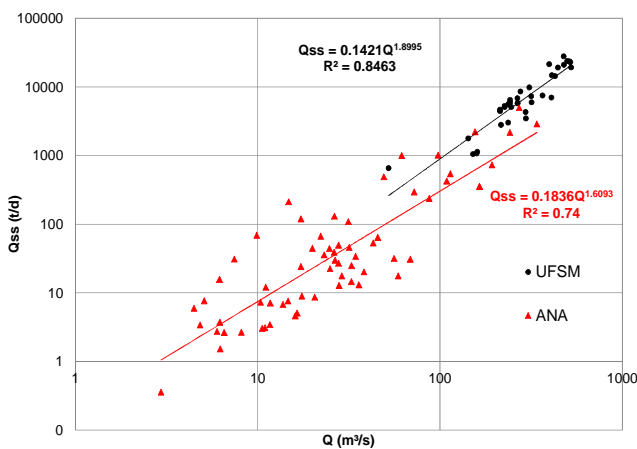


Figura 2 – Curva-chave de sedimentos do Posto 86560000, obtida a partir das medições feitas pela ANA e UFSM.

A figura 2 apresenta dois grupos de informações, baseadas de acordo com a metodologia de coleta da informação a campo. A forma de coleta do dado pela ANA está fundamentada no método de Igual Incremento de Largura (IIL), enquanto que o da UFSM foi obtido através de medidas de turbidez, que por sua vez foram relacionadas com a Q_{ss} .

Observa-se uma grande diferença entre as duas tendências o que pode ser explicado pelo fato das medidas serem feitas pelos técnicos da ANA/CPRM concentrados em campanhas de campo ao longo do ano, o que muitas vezes não coincidem com os eventos de chuva na estação de monitoramento.

Os dados medidos pela UFSM, por sua vez levantados principalmente em eventos hidrológicos de média a grande magnitude, conforme pode ser observado nesta figura 2.

Já na **figura 3**, foram confrontadas as diferenças de Q_{ss} entre as duas metodologias testadas com a hipótese de que a forma convencional de amostragem de sedimentos (IIL) é a maneira correta de estimativa da Q_{ss} .

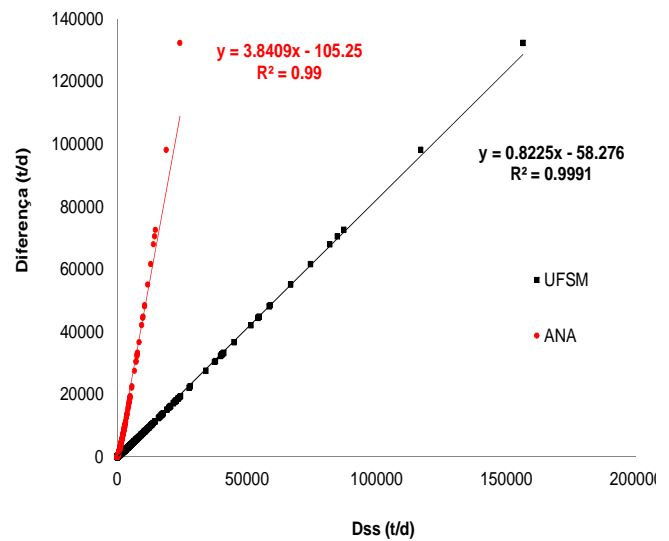


Figura 3 – Diferenças entre os dois métodos testados para a série histórica 2002 a 2012.

No entanto, esta Figura 3 apresenta de maneira muito clara que as estimativas de Q_{ss} feitas pela UFSM (em eventos de precipitação) são maiores que as calculadas a partir das amostragens feitas pela ANA (campanha de campo).

A **figura 4** mostra a produção de sedimentos (P_s) ao longo dos 10 anos da série histórica analisada. Verifica-se uma grande diferença entre as duas metodologias de coleta de dados. A equação ajustada com os dados de eventos hidrológicos, desta forma, superestima a produção de sedimentos em aproximadamente quatro vezes.

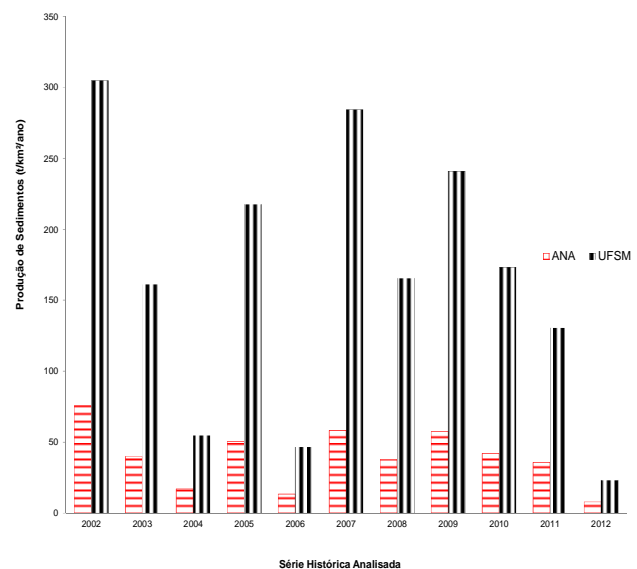


Figura 4 – Produção de sedimentos na bacia hidrográfica do rio Guaporé

O problema reside principalmente pelo fato de não se saber qual o verdadeiro valor da produção de sedimentos na bacia hidrográfica do rio Guaporé.

Devido a diversidade de fatores envolvidos, o fenômeno da erosão é de extrema complexidade e sujeito a grandes incertezas, de modo que dependendo da metodologia utilizada na estimativa destes processos sedimentológicos (desagregação, transporte e deposição), respostas variadas serão obtidas.

CONCLUSÕES

As duas formas de estimativa de produção de sedimentos analisadas apresentam uma grande diferença em termos de descarga sólida.

As estimativas da produção de sedimentos feitas através das medidas em eventos de média a grande magnitude foi cerca de quatro vezes maior que as feitas por campanhas de campo.

Estes resultados demonstram a grande incerteza associada à metodologia da curva-chave de sedimentos, de modo que diferentes respostas são obtidas, a partir da condição de amostragem de sedimentos em suspensão (estiagem ou cheias).

Novas amostragens devem ser feitas na bacia hidrográfica do rio Guaporé-RS e programadas de acordo com o calendário hidrológico, visando medir os eventos de média a grande magnitude.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pela concessão da bolsa de Pós-Graduação ao primeiro autor deste trabalho.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, N. O. Hidrossedimentologia prática. Rio de Janeiro: CPRM, 1994, 372p.

CARVALHO, N. O.; Filizola JR, N. P.; Santos, P. M. C.; Lima, J. E. F. W. Guia de práticas sedimentométricas. Brasília: ANEEL, 2000, 132p.

HOROWITZ, A.J. An evaluation of sediment rating curves for estimating suspended sediment concentrations for subsequent flux calculations. *Hydrol. Process.* 17, pp. 3387–3409, 2003.

MINELLA, J.P.G. Utilização de técnicas hidrossedimentométricas combinadas com a identificação de fontes de sedimentos para avaliar o efeito do uso e do manejo do solo nos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica rural no Rio Grande do Sul. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS, RS, 2007. 162 p.

MINELLA, J.P.G. et al. Estimating suspended sediment concentrations from turbidity measurements and the calibration problem. *Hydrological Processes*, v. 22, n.12, pp. 1819-1830, 2008.

PICCOLO, M. A. M.; PINTO, C. A.; TEIXEIRA, E. C. Correlação entre sólidos em suspensão, cor e turbidez para a água compactada no rio Jucu – ES. In: XX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Anais. Rio de Janeiro, Brasil, 1999.

SANTOS, I.; FILL, H. D.; SUGAI, M. R. V. B.; BUBA, H.; KISHI, R. T.; MARONE, E.; LAUTERT, L. F. Hidrometria Aplicada. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2001, 372p.

VESTENA, L.R.; LUCINI, H., KOBAYAMA, M. Monitoramento automático da concentração de sedimentos em suspensão na bacia hidrográfica do Caeté, Alfred Wagner/SC. In: I Workshop Regional de Geografia e Mudanças Ambientais: Desafios da sociedade do presente e do futuro. Guarapuava: Ed. Unicentro, Anais. 2007, p.56 – 66.