



## VARIÁVEIS DE CONTROLE DA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO DURANTE EVENTOS DE CHUVA EM UMA PEQUENA BACIA DE ENCOSTA

*Róbson Ilha<sup>1</sup>, Marielle Medeiros de Souza<sup>1</sup>, João Batista Dias de Paiva<sup>2</sup> & Letícia Grutka<sup>3</sup>*

**RESUMO** --- O objetivo deste estudo foi analisar a relação entre a produção de sedimentos em suspensão com a precipitação e a vazão em pequena bacia hidrográfica de encosta localizada no rio Vacacaí Mirim no município de Santa Maria – RS. Analisando seis eventos de precipitação no período de um ano, a produção de sedimentos em suspensão é maior em eventos com maior vazão máxima. A produção de sedimentos específica teve correlação com a vazão máxima (0,95), vazão média (0,92) e a taxa de incremento de vazão (0,88). Sendo assim, a vazão máxima não é apenas o principal agente causador da erosão hídrica pelo escoamento superficial, mas é também o principal agente de transporte de sedimentos da bacia para os canais.

**ABSTRACT** --- The aim of this study was to analyze the relationship between production of suspended sediments with rainfall and flow in a hillside small watershed located at Vacacaí Mirim river in Santa Maria - RS. Analyzing six precipitation events in one year, the production of suspended sediments is higher in events with higher maximum flow. The specific sediment production was correlated with the maximum flow rate (0.95), the average flow rate (0.92) and the rate of flow increase (0.88). Therefore, the maximum flow is not only the main causative agent of erosion by runoff, but is also the main agent of sediment transport from the watershed to the channels.

**Palavras-chave:** produção de sedimentos, vazão máxima, bacia de encosta.

### INTRODUÇÃO

A variabilidade e a disponibilidade da produção de sedimentos em suspensão em uma área de drenagem modificam-se de evento para evento devido a ação antrópica e aos processos físicos existentes (Regües et al., 2000; Lenziand Marchi, 2000; Sun et al., 2001; Seeger et al., 2004; Zabaleta et al., 2006), como também segundo Yang et al. (2014) e Alkama (2014) a variação

<sup>1</sup> Doutorandos do Programa de Pós Graduação Engenharia Civil – UFSM. [ilha.robson@gmail.com](mailto:ilha.robson@gmail.com); [mariellers@yahoo.com.br](mailto:mariellers@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Professor Dr. Universidade Federal de Santa Maria. Av. Roraima, no 1000 – Cidade Universitária, Camobi, CEP: 97105-900 – Santa Maria – RS. Fone: (55) 3220-8384 Email: [jbdpaiva@gmail.com](mailto:jbdpaiva@gmail.com)

<sup>3</sup> Mestre em Engenharia Agrícola – UFSM. [letigrutka@gmail.com](mailto:letigrutka@gmail.com)

climática influencia no escoamento superficial e analisar o evento é de fundamental importância na variação desses processos.

A relação entre a produção de sedimentos em suspensão, a precipitação e a vazão podem auxiliar na compreensão dos processos envolvidos no transporte de sedimentos durante os eventos (Zabaleta *et al.*, 2006). Assim pode-se esperar uma modificação na taxa da produção de sedimentos em suspensão em função da precipitação total e intensidade da precipitação (Old *et al.*, 2003; Nearing, *et al.*, 2005).

Restrepo *et al.* (2006) analisando a bacia hidrográfica do rio Magdalena com maior sistema fluvial dos Andes Colombianos encontraram 58% da variação da produção de sedimentos em função da vazão máxima, outros autores como Picout *et al.* (2001) e Duvart *et al.* (2012) também analisaram essa relação.

Neste contexto o objetivo deste estudo é avaliar a influência da precipitação e vazão na concentração de sedimentos em suspensão em uma pequena bacia hidrográfica rural de encosta na cidade de Santa Maria – RS.

## **MÉTODOS E MATERIAIS**

### **Área de Estudo**

O presente estudo foi desenvolvido no exutório da bacia hidrográfica Menino Deus IV contribuinte ao reservatório do Vacacaí Mirim, responsável por 40% do abastecimento de água da cidade de Santa Maria – RS. A estação hidrossedimentológica está localizada nas coordenadas de 29°39'29,06" de latitude Sul e a 53°47'23,9" de longitude Oeste, a figura 1 ilustra a localização geográfica da bacia hidrográfica com área de 18,79 km<sup>2</sup>. O monitoramento foi realizado no período de novembro de 2011 a outubro de 2012.

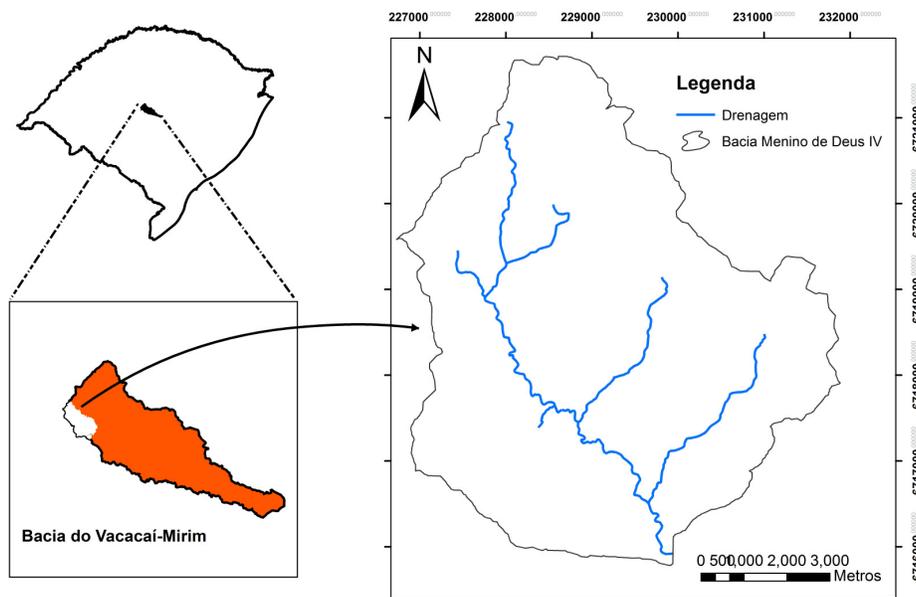


Figura 1 – Localização geográfica e delimitação da área de estudo.

A bacia hidrográfica possui os seguintes usos do solo: mata nativa (53,5%), campo (37,3%), agricultura (5,3%) e floresta (3,1%), caracterizando-se como uma bacia rural (Tabela 1).

Os tipos de solos na bacia hidrográfica, de acordo com Azolin & Mutti apud Branco (1998), cujo levantamento foi em escala de 1:45.000, estão relacionados na tabela 2. Observa-se uma maior quantidade de solo do tipo Neossolo Litólico Eutrófico Chernossólico (44,82%) e Neossolo Litólico Eutrófico Chernossólico-Cambissolo-Colúvio (31,46%).

Tabela 1. Uso do solo na bacia hidrográfica Menino Deus IV.

<b>Uso do Solo</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Percentual</b>
Agricultura	0,99	5,30
Água	0,12	0,50
Campo	6,96	37,30
Mata Nativa	10,04	53,50
Impermeável	0,08	0,30
Pinus/Eucalipto	0,60	3,10
<i>Total</i>	<i>18,79</i>	<i>100</i>

Tabela 2 – Tipo de solo na bacia hidrográfica Menino de Deus IV.

Tipo de Solo	Área (km <sup>2</sup> )	%
RD1	1,12	5,95
RE 4	8,42	44,82
TBA_RD	2,79	14,82
C1	0,55	2,95
RE_C_CO	5,91	31,46
Total	18,79	100

*Re4: NeossoloLitólicoEutróficoChernossólico; Rd1: NeossoloLitólico Distrófico relevo ondulado; Re-C-Co: Associação NeossoloLitólicoEutróficoChernossólico-Cambissolo-Colúvios; TBa-Rd: Associação Argissolo Vermelho-Amarelo AlumínicoAlissólico e NeossoloLitólico Eutrófico. C1: Cambissolo.*

### Estação hidrossedimentológica

A estação hidrossedimentológica Menino de Deus IV, ilustrada na figura 2, conta com um linígrafo eletrônico de bóia com *datalogger*, o que permite o registro contínuo da altura da lamina de água em intervalos de 1 minuto. Para o registro da cota, a estação conta também com réguas linimétricas.



Figura 2 – Estação hidrossedimentológica Menino de Deus IV.

Para a obtenção da turbidez do rio foi instalado um turbidímetro digital DTS-12 (Figura 3), com uma faixa de leituras de 0 à 1600 NTU, programado para efetuar leituras em intervalos de tempo de 10 minutos. As leituras da turbidez da água foram registradas em *data logger* HDL-1. A sonda de turbidez foi fixada a 1,2 m da margem direita e a 0,10 m do leito do rio.



Figura 3 – Suporte da sonda de turbidez.

### Medidas de Vazão

O monitoramento da vazão do rio foi realizado com um micromolinetete em baixas vazões e com um ADP (*Acoustic Doppler Profiler*) em altas vazões.

O ADP foi acoplado em uma prancha hidrodinâmica leve (Figura 4) e guiado por cordas de uma margem à outra do rio para emitir e captar um número maior de verticais possíveis. Para cada medição de vazão foram realizadas, no mínimo, três travessias do ADP no rio, sendo que cada uma inclui duas passagens guiadas do aparelho de uma margem a outra e retornando a margem inicial, de forma a obter a média de vazões e descartar medições que super/subestimam os dados.



Figura 4 – ADP em operação.

## Medidas de sedimentos em suspensão

As medidas de sedimentos em suspensão objetivaram a determinação da concentração de sedimentos em suspensão ( $C_{ss}$ ) presente na seção. As amostragens foram realizadas com o amostrador de sedimentos em suspensão AMS-3 utilizando guincho hidrométrico para médias e altas vazões e o amostrador AMS-1 operado a vau em baixas vazões. A utilização desses equipamentos para a obtenção de dados do transporte de sedimentos objetiva a coleta de amostras integradas na profundidade, conforme propõe o método descrito por Carvalho (2008).

## Análises de laboratório

Após a obtenção das amostras de sedimentos em suspensão em campo, foram realizadas análises de laboratório para a determinação da concentração de sedimentos em suspensão. Para esse estudo foi utilizado o método da filtração descrito em DNAEE (2000).

## Variáveis de controle da produção de sedimentos em suspensão ( $P_{ss}$ ) em eventos

Os valores da Produção de sedimentos em suspensão -  $P_{ss}$  dos eventos para a bacia hidrográfica foram obtidos dos registros de dados discretizados em intervalos de 10 minutos. Determinou-se a  $P_{ss}$  para cada evento conforme a equação 1:

$$P_{ss} = \sum_{t=1}^{T/\Delta t} C_{ss} \cdot Q \cdot 10^{-3} \cdot \Delta t \quad (1)$$

Onde:  $P_{ss}$  é a produção de sedimentos em suspensão durante um evento (kg);  $C_{ss}$  é a concentração de sedimentos em suspensão ( $\text{mg.L}^{-1}$ ),  $Q$  é a vazão ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ),  $\Delta t$  é o intervalo de tempo do monitoramento (s) e  $T$  é a duração total do evento (s).

Nesse estudo foi utilizada a  $P_{ss}$  específica ( $P_{ss_{esp}}$ ) determinada conforme equação 2:

$$P_{ss_{esp}} = \frac{P_{ss}}{A} \quad (2)$$

Onde:  $P_{ss_{esp}}$  é a produção específica de sedimentos em suspensão ( $\text{Kg.Km}^{-2}$ ); e  $A$  é a área da bacia ( $\text{Km}^2$ ).

Foram selecionadas variáveis as quais poderiam ter correlação com a  $P_{ss_{esp}}$  do evento. As variáveis selecionadas estão apresentadas na tabela 3.

Tabela 3 – Variáveis de controle da Pss utilizadas no estudo

<b>Fator</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Definição</b>	<b>Unidade</b>
Precipitação total	Pt	Precipitação total acumulada do evento de precipitação.	mm
Tempo de pico	$t_{\text{pico}}$	Tempo entre o início e o pico (máxima) das vazões do evento.	h
Índice de precipitação	IP	Quantidade de chuva acumulada entre o início da precipitação e o seu pico.	mm
Taxa de incremento de vazão	TiQ	Variação que a vazão teve entre o início e o pico do evento dividido pelo tempo entre início e o pico da vazão.	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$
Vazão máxima	Q <sub>máx</sub>	Vazão máxima do evento.	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
Vazão média	Q <sub>med</sub>	Vazão média de todo o evento.	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

### Tratamento Estatístico

Após a organização dos dados realizou-se análises de correlação entre as variáveis de controle e a  $Pss_{\text{esp}}$ , a fim de verificar as variáveis que apresentam maior influência no transporte de sedimentos na bacia em estudo. Na análise de correlação utilizou-se o coeficiente de correlação linear de Person ( $r^2$ ) gerado com o uso do *software* SPSS *Statistics* 17.0.

Segundo UWE (2012), Florence *et al.* (2012) e Kim *et al.* (2007), o coeficiente de correlação de Pearson indica o grau de intensidade da correlação entre duas variáveis e, ainda, o sentido dessa correlação. Varia de +1 (correlação perfeita positiva) a -1 (correlação perfeita negativa), sendo também adimensional (Naghetini & Pinto, 2007).

Um valor do coeficiente de correlação elevado, embora estatisticamente significativo, não implica necessariamente numa relação de causa e efeito, mas a tendência que as variáveis apresentam quanto à sua variação conjunta (Naghetini & Pinto, 2007).

## RESULTADOS E DISCUSÃO

### Relação entre Turbidez e Concentração de Sedimentos em Suspensão

Grutka (2012) determinou a relação entre turbidez e concentração de sedimentos em suspensão na bacia hidrográfica Menino de Deus IV. A relação linear entre os dois parâmetros é

apresentada na equação 3 e a figura 6 ilustra o gráfico de relação entre os dois parâmetros analisados.

$$C_{ss} = 1,02 \cdot T + 1,29 \quad (2)$$

$$R^2 = 0,98$$

Onde:  $C_{ss}$  é a concentração de sedimentos em suspensão ( $\text{mg.l}^{-1}$ ); e  $T$  é a turbidez em NTU.

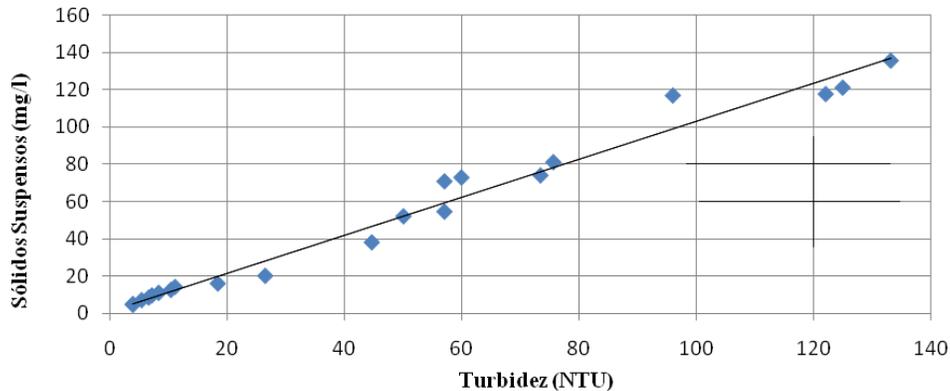


Figura 5 – Relação ente  $C_{ss}$  e turbidez para a bacia Menino de Deus IV.

Balsinha *et al.* (2006), em estudos realizados nos estuários dos rios Douro e Minho (Portugal) constataram que existe uma boa correlação linear entre concentração de sedimentos em suspensão e a turbidez. Guimarães (2010) analisou a concentração de sedimentos e turbidez em uma pequena bacia, verificando a melhor correlação entre  $C_{SS}$  e turbidez é conforme o modelo linear da equação o qual representa a linha de tendência com  $R^2= 0,53$ .

### Variáveis de Controle da Pss em eventos

As séries de precipitação, vazão e  $C_{ss}$  foram discretizadas em intervalos de 10 minutos, obtendo-se séries temporais para o período (02/02/2012 a 10/10/2012). Para a utilização dos eventos foi realizada uma seleção, com base na confiabilidade dos dados. O critério utilizado foi baseado no valor máximo de cota medido. Ou seja, foram selecionados os eventos que não ultrapassaram a cota máxima medida na bacia. As características dos eventos selecionados são apresentadas na tabela 4.

Analisaram-se 6 eventos no período. O primeiro evento ocorreu no dia 25/02/12 e o último no dia 04/07/2012. A vazão máxima variou entre 0,05 a  $0,91 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$  e a  $Q_{\text{média}}$  dos eventos foi de 0,14

$\text{m}^3.\text{s}^{-1}$  nos eventos analisados. O evento com maior  $\text{Pss}_{\text{esp}}$  foi o evento 5 com  $135,71 \text{ Kg.Km}^2$  sendo o evento de maior  $\text{Q}_{\text{máx}}$ .

O evento do dia 14/04/12 apresentou maior precipitação total com 37,39 mm acumulados. Já o tempo de pico teve uma variação de 1,60 a 11,80 horas e média de 6,08 horas indicando uma rápida resposta da bacia aos eventos de precipitação, podendo ter influência da declividade da bacia hidrográfica (encosta).

Tabela 4 – Características dos fatores analisados para os eventos selecionados.

Evento	Data		Pt mm	$t_{\text{pico}}$ h	IP mm	TiQ $\text{m}^3.\text{s}^{-1}.\text{h}^{-1}$	$\text{Q}_{\text{máx}}$ $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$	$\text{Q}_{\text{méd}}$ $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$	$\text{Pss}_{\text{esp}}$ $\text{kg.km}^{-2}$
	início	fim							
1	25/02/12	26/02/12	1,02	6,50	1,02	0,05	0,31	0,04	13,70
2	14/04/12	15/04/12	37,39	11,80	31,17	0,01	0,15	0,07	27,89
3	19/04/12	20/04/12	13,32	3,80	6,57	0,00	0,05	0,04	3,27
4	12/05/12	12/05/12	24,55	1,60	22,12	0,19	0,35	0,11	63,62
5	17/16/12	18/06/12	22,88	4,00	11,03	0,20	0,91	0,48	135,72
6	03/07/12	03/07/12	12,43	8,80	12,43	0,01	0,17	0,12	7,70
Média	-	-	18,60	6,08	14,06	0,08	0,32	0,14	41,98
Mediana			18,10	5,25	11,73	0,03	0,24	0,09	20,79
DP			9,67	2,95	8,39	0,08	0,20	0,11	38,46

Pt: Precipitação total;  $t_{\text{pico}}$ : tempo de pico; IP: Índice de precipitação; TiQ: Taxa de incremento de vazão;  $\text{Q}_{\text{máx}}$ : vazão máxima;  $\text{Q}_{\text{méd}}$ : vazão média;  $\text{Pss}_{\text{esp}}$ : Produção específica de sedimentos; DP: Desvio Padrão..

Após a determinação das características das variáveis independentes da  $\text{Pss}_{\text{esp}}$  procedeu-se a análise de correlação entre essas variáveis e a variável dependente ( $\text{Pss}_{\text{esp}}$ ). Na tabela 5 é apresentado o resultado do coeficiente de correlação de Pearson para a análise do estudo.

Das variáveis analisadas a que melhor se correlacionou com a  $\text{Pss}_{\text{esp}}$  foi a  $\text{Q}_{\text{máx}}$  do evento com  $r^2 = 0,95$ . Já as variáveis menos significativas foram  $t_{\text{pico}}$  e IP. As variáveis relacionadas a precipitação do evento não apresentaram correlações significativas. As variáveis relacionadas a vazão do evento foram apresentaram boa significância.

Tabela 5 – Resultados do coeficiente de Pearson entre a variável dependente ( $Pss_{esp}$ ) e as variáveis independentes.

Variáveis	$Pss_{esp}$
Pt	0,37
$t_{pico}$	-0,41
IP	0,13
TiQ	<b>0,88</b>
$Q_{máx}$	<b>0,95</b>
$Q_{méd}$	<b>0,92</b>

\*Os dados destacados em negrito são aqueles significativos ( $p < 0,05$ ).

Duvert *et al.* (2012) também encontraram forte correlação da  $Pss$  com a  $Q_{máx}$  em seu estudo para oito pequenas bacias hidrográficas localizadas na Espanha, França e México. Segundo os autores essa correlação positiva é explicada pelo fato de que a  $Q_{máx}$  não é apenas o principal agente causador da erosão hídrica pelo escoamento superficial, mas é também o principal agente de transporte de sedimentos da bacia para os canais.

Cardoso (2013) obteve também forte correlação da  $Pss_{esp}$  com a  $Q_{máx}$  em três bacias sequenciais, montanhosas e pequenas no município de Rio Negrinho – SC. Zabaleta *et al* (2006) analisando três pequenas bacias no País Basco também encontraram boas correlações entre a vazão e a  $Pss_{esp}$  para algumas de suas bacias. Conforme os autores, a forte correlação entre essas variáveis sugere que estas bacias apresentam uma resposta direta na vazão e na produção de sedimentos durante eventos de chuva.

## CONCLUSÕES

Analisaram-se variáveis relacionadas à precipitação e a vazão na produção específica de sedimentos em suspensão, em uma pequena bacia hidrográfica rural de cabeceira, no rio Vacacaí Mirim no município de Santa Maria – RS.

As variáveis relacionadas à precipitação do evento não apresentam correlações significativas, sendo que a variável  $t_{pico}$  mostrou uma correlação negativa com a variável dependente. Essa situação mostra que a produção de sedimentos na bacia, pode ser mais dependente de um agente de transporte dos sedimentos, do que de um agente desagregador das partículas de solo.

As variáveis relacionadas à vazão dos eventos analisados apresentaram uma boa correlação com a  $P_{s_{esp}}$ . Os resultados mostram que a  $Q_{máx}$  ( $r = 0,95$ ) pode ser uma boa indicadora da  $P_{s_{esp}}$  na bacia do estudo, podendo ser utilizada em modelos estatísticos para a predição da produção de sedimentos em suspensão em eventos de precipitação.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, CNPq e à Finep pelo fomento a pesquisa

## BIBLIOGRAFIA

ALKAMA, R. (2014). *Human influence on changes in the distribution of land precipitation*. Journal of Hydrology, n. 511, p. 589-593.

BALSINHA, M., SANTOS, A., OLIVEIRA, A. (2006) *Relação turbidez versus concentração nos rios Douro e Minho: calibração dos sensores de turbidez dos correntômetros RCM9*. Lisboa. Anais Instituto Hidrográfico nº18.

BRANCO, N. (1998). *Avaliação da Produção de Sedimentos de Eventos Chuvosos em uma Pequena Bacia Hidrográfica Rural de Encosta*. 135f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

BRASIL. (2000). *Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. Guia de Práticas Sedimentométricas*. DNAEE, Brasília.

CARDOSO, A. T. (2013). *Estudo hidrossedimentológico em três bacias embutidas no município de Rio Negrinho – SC*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – UFSC, Florianópolis, p. 102.

CARVALHO, N. O. (2008). *Hidrossedimentologia Prática*. Rio de Janeiro: Interciência.

DUVERT, C. et al. (2012). *Towards prediction of suspended sediment yield from peak discharge in small erodible mountainous catchments (0.45–22km<sup>2</sup>) of France, Mexico and Spain*. Journal of Hydrology, v. 454-455, p. 42-55.

ERSKINE, W.D., MAHMOUDZADEH, A., MYERS, C. (2002). *Land use effects on sediment yields and soil loss rates in small basins of Triassic sandstone near Sydney, NSW, Australia*. Catena 49, 271–287.

FLORENCE, P. L.; et al. (2012). *Water quality index and correlation study for the assessment of water quality and its parameters of Yercaud Taluk, Salem District, Tamil Nadu, India*. Chemical Science Transactions, v.1, n.1, p. 139-149.

GIMARAES, J.C.R. (2010). *Medidas de concentração de sedimentos e turbidez na Bacia Hidrográfica do Lajeado Grande, São Martinho da Serra, RS*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – UFSM, Santa Maria – RS.

KIM, G.; YUR, J.; KIM, J. (2007). *Diffuse pollution loading from urban stormwater runoff in Daejeon city, Korea*. Journal of Environmental Management, v.85, p. 09-16.

LENZI, M.A., MARCHI, L.(2000). *Suspended sediment load during floods in a small stream of the Dolomites (northeastern Italy)*. Catena 39, 267–282.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. (2007). *Hidrologia Estatística*. Belo Horizonte: CPRM, 552 p.

NEARING, M.A. et al. (2005). *Modeling response of soil erosion and runoff to changes in precipitation and cover*. Catena, n. 61, p. 131–154.

OLD, G.H. et al. (2003). *The impact of a convectional summer rainfall event on river flow and fine sediment transport in a highly urbanized catchment: Bradford, West Yorkshire*. Science of the Total Environment, p. 495–512.

PICOUET, C. et al. (2001). *Empirical and conceptual modelling of the suspended sediment dynamics in a large tropical African river: the Upper Niger river basin*. Journal of Hydrology, n. 250, p. 19–39.

REGÜES, D. et al. (2000). *Relación entre las tendencias temporales de producción y transporte de sedimentos y las condiciones climáticas en una pequeña cuenca de montaña mediterránea (Vallcebre, Pirineos Orientales)*. Cuadernos de Investigación Geográfica, 26, 41–65.

RESTREPO, J. D. et al. (2006) *Factors controlling sediment yield in a major South American drainage basin: the Magdalena River, Colombia*. Journal of Hydrology, v. 316, n. 1-4, p. 213-232.

SALA, M., FARGUELL, J. (2002). *Exportación de agua y sedimento en dos pequeñas cuencas mediterráneas bajo diferentes usos del suelo*. Sistema Costero Catalán. Rev. C. y G., vol. 16 (1–4), pp. 97–109.

SEEGER, M. et al. (2004). *Catchment soil moisture and rainfall characteristics as determinant factors for discharge/suspended sediment hysteretic loops in a small headwater catchment in the Spanish Pyrenees*. Journal of Hydrology 288, 299–311.

SIAKEU, J., OGUCHI, T., AOKI, T., ESAKI, Y., JARVIE, H. P. (2004). *Change in riverine suspended sediment concentration in central Japan in response to late 20th century human activities*. Catena 55, 231–254.

SUN, H.; CORNISH, P. S.; DANIELL, T. M. (2001). *Turbidity-based erosion estimation in a catchment in South Australia*. Journal of Hydrology 253, 227–238.

YANG, H.; QI, J.; XU, X.; YANG, D.; LV, H (2014). *The regional variation in climate elasticity and climate contribution to runoff across China*. Journal of Hydrology, n. 517, p, 607-616.

UWE. UNIVERSITY OF THE WEST OF ENGLAND. (2012). *Pearson's Correlation Coefficient, (r)*. Disponível em: <<http://hsc.uwe.ac.uk/dataanalysis/quantInfAssPear.asp>>. Acesso em: 13 nov. 2013.

VERSTRAETEN, G.; POESEN, J. (2001). *Factors controlling sediment yield from small intensively cultivated catchments in a temperate humid climate*. Geomorphology, v. 40, p. 123–144,

ZABALETA, A. et al. (2006). *Factors controlling suspended sediment yield during runoff events in small headwater catchments of the Basque Country*. Catena, v. 71, n. 1, p. 179-190.