

## **PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS E SUA CORRELAÇÃO COM EVENTOS CHUVOSOS NO RIO SANTA MARIA DA VITÓRIA, ES**

*Fabiana Giacomini Rampinelli<sup>1</sup> & Daniel Rigo<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Mestranda em Engenharia Ambiental na Universidade Federal do Espírito Santo*

*<sup>2</sup>Professor Adjunto do departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo*

**Resumo** – Os tipos de problemas causados pelos sedimentos dependem da sua quantidade e natureza, podendo reduzir o potencial de produtividade dos solos sendo que as chuvas exercem grande influência sobre o transporte e escoamento dos sedimentos. A bacia do rio Santa Maria da Vitória, ES (1916 km<sup>2</sup>) apresenta grande importância para a região metropolitana da Grande Vitória. Suas características hidrossedimentológicas, foram discutidas no período de seis meses, através da análise e coleta de sólidos suspensos correlacionando com a precipitação na bacia. A correlação máxima encontrada durante todo o monitoramento entre vazão x concentração de sedimentos na seção foi  $R^2=0,7804$  e a correlação para dias chuvosos foi de  $R^2 = 0,3412$ . Quando analisou-se os dias de chuvas mais intensas, constatou-se que a correlação  $R^2=0,2576$  permaneceu baixa. Isso indica que outros fatores, como o tamanho da bacia assim como a operação das barragens pode estar influenciando a concentração dos sedimentos totais no rio.

**Palavras-Chave** – Sólidos suspensos, chuvas.

## **THE SEDIMENTS PRODUCTION AND YOUR CORRELATION WITH RAINY EVENTS IN THE SANTA MARIA RIVER-ES**

**Abstract** – The types of problems caused by sediments depend on its quantity and nature, may reducing the soil productivity potential, due to the fertile layer losses, considering the influence of the rain over the sediment's transport and disposal. The Santa Maria da Vitória River's basin (1916km<sup>2</sup>) represents a great importance for the Great Vitória region and its characteristics were discussed through 6 months by collection and analysis of suspended solids, correlated with the basin precipitation. The maximum correlation found throughout the monitoring between flow x concentration in the sediment section was  $R^2 = 0.7804$  and the correlation in rainy days was  $R^2 = 0,3412$ . When the heaviest rains days were analyzed, it was found that correlation  $R^2=0,2576$  remained low, this indicates that the other factors, like the basin size and the dams operation, may be influencing the total sediments concentration in the river.

**Keywords** – suspended solids, rain.

### **INTRODUÇÃO**

Os processos de erosão, desprendimento e arraste das partículas do solo causado pela água e pelo vento, e a sedimentação são fenômenos naturais do ciclo hidrogeológico da Terra, contudo, têm sido modificados e acelerados devido ao rápido desenvolvimento das atividades humanas. Assim, o conhecimento hidrossedimentológico sobre uma bacia é fundamental no planejamento e projeto de obras hidráulicas, além de seu caráter essencial na gestão dos recursos hídricos e suporte à tomada de decisões.

Sabe-se ainda que é durante o período chuvoso que ocorre considerável transporte de sedimentos, sendo que o monitoramento destes eventos é essencial para uma correta avaliação do mesmo. Desta forma se faz necessário à investigação e o conhecimento das características hidrossedimentológicas, juntamente com o comportamento e resposta do rio em relação aos sedimentos, principalmente no período chuvoso. Este trabalho propõe contribuir no entendimento do estudo hidrossedimentológico no rio Santa Maria da Vitória, ES avaliando as concentrações de sólidos suspensos durante um período de seis meses com campanhas regulares. Além disso pretende-se caracterizar o comportamento hidrossedimentológico do trecho estudado através de amostras diárias de sedimentos suspensos com ênfase no período chuvoso.

## ÁREA DE ESTUDO

Com aproximadamente 1.916km<sup>2</sup> (Figura 1), a bacia do Rio Santa Maria da Vitória é uma das mais importantes para o estado do Espírito Santo considerando seu uso para abastecimento da Região Metropolitana da Grande Vitória, além de irrigação e abastecimento industrial.

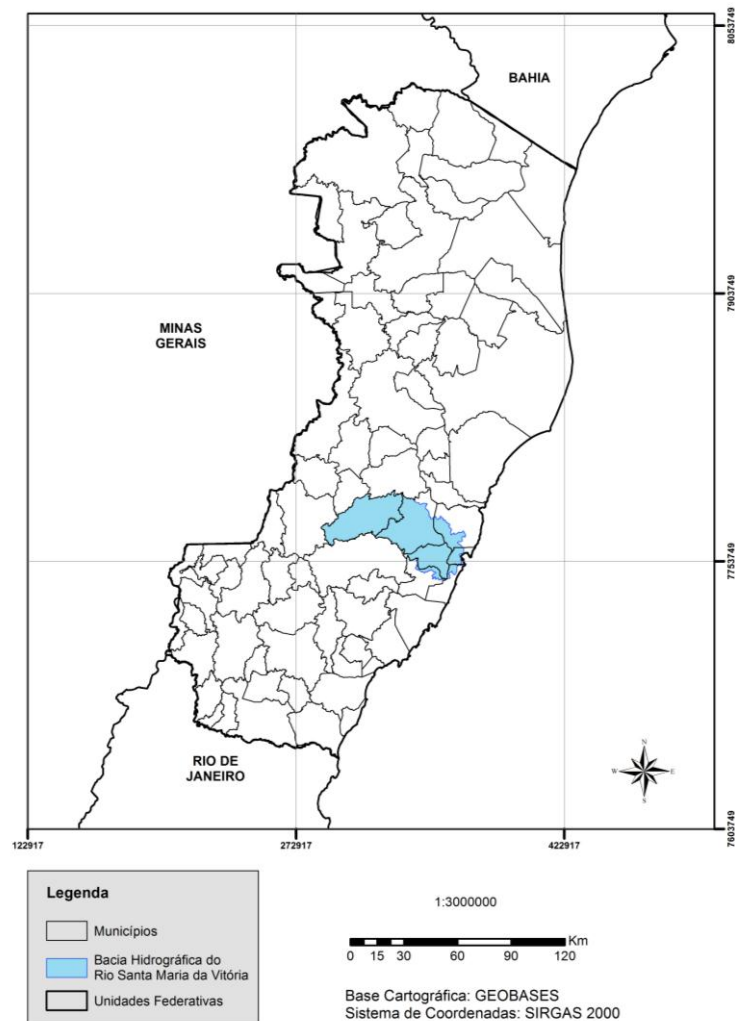


Figura 1: Localização da bacia hidrográfica em estudo no mapa do estado do Espírito Santo.

A bacia abrange sete municípios capixabas, Vitória, Vila Velha, Viana, Cariacica, Serra, Santa Leopoldina e Santa Maria de Jetibá. Durante seu percurso pode ser observado cultivo de

hortaliças, café, eucalipto assim como na sua parte mais alta grande influência de atividades granjeiras. Soma-se a estes usos a influência da descarga fluvial sobre o sistema estuarino da Baía de Vitória, contando ainda com duas PCH's (Suiça e Rio Bonito), que implicam na mudança nas condições naturais do curso água (Figura 2).

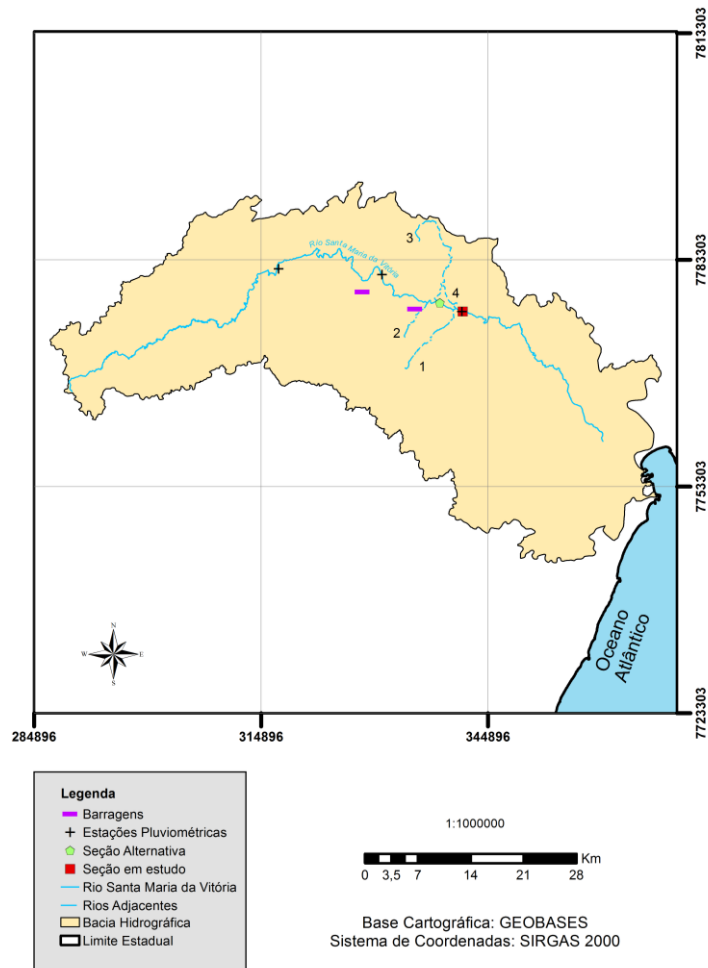


Figura 2: Detalhamento da bacia do Rio Santa Maria da Vitória com as duas barragens de Rio Bonito mais a montante e Suiça mais a jusante. Os principais afluentes da bacia estão numerados e são respectivamente: 1- Ribeirão Crubixa-Mirim; 2- Ribeirão dos Pardos; 3- Rio da Prata; 4- Córrego do Nove.

## METODOLOGIA

Foram realizadas seis campanhas de monitoramento em uma seção específica (Datum WGS 84 24K, coordenadas UTM 341.574,90 E 7.776.505,11 N). Para as medições de vazões, profundidades, velocidades de corrente, área e temperatura foi utilizado um Perfilador Acústico de Correntes por Efeito Doppler (ADCP – Acoustic Doppler Current Profiler), modelo RiverRay de 600 kHz e os dados coletados pelo ADCP foram tratados pelo software *WinRiver*.

As medições de descarga sólida de sedimentos em suspensão foram realizadas pelo método de igual incremento de largura e igual velocidade de trânsito do amostrador USDH 59, com bico de 3/16". As 5 verticais amostradas coincidiam com a medição de velocidades obtidas com o ADCP. As amostras eram acondicionadas em garrafas plásticas identificadas e levadas para o

LABHIDRO/UFES para seguinte processamento e determinação das concentrações de sólidos suspensos e dissolvidos determinadas através do Método de Filtração.

A estimativa de descarga sólida em suspensão foi feita com uso da Equação 1, apresentada a seguir:

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

onde:  $Q_{ss}$  é a descarga sólida em suspensão (t/d);  $Q$  é a descarga líquida ( $m^3/s$ ) e  $C_{ss}$  é a concentração de sedimentos suspensos (mg/L).

Os resíduos da filtragem foram levados à estufa, onde permaneceram por cerca de uma hora a temperatura em torno de  $100^{\circ}C$ . A concentração foi determinada pelo peso seco do sedimento em suspensão contido na amostra em relação ao volume total (Carvalho, 1994 e Carvalho *et al.*, 2000).

Os dados dos sedimentos suspensos para correlação com eventos chuvosos foi realizada no período de setembro/12 à fevereiro/13. Durante este período uma pessoa residente próximo a seção de estudo foi orientada, e ao tomar conhecimento do início da chuva coletou uma amostra à aproximadamente 4 metros da margem com auxílio de um suporte. Em seguida a identificava com hora e nível do rio (através da leitura da régua limnométrica anexa ao rio) e era então armazenada ao abrigo de sol e calor. Este procedimento era repetido em intervalos não superiores a 45 minutos.

Os dados de chuva foram obtidos de um pluviômetro anexo a seção e a leitura era realizada duas vezes ao dia: às 7:00 e 17:00hs. Juntamente com os dados deste pluviômetro foram utilizados os dados de mais outros 2 espalhados pela bacia. Por fim, os dados foram tratados retirando-se valores muito altos, levando em consideração os valores dos dias anteriores e posteriores assim como a ocorrência de chuvas.

## RESULTADOS

Na Tabela 1 abaixo estão expostos os dados de sólidos totais dissolvidos, sólidos suspensos e turbidez.

Tabela 1. Valores de Sólidos Suspensos Totais, Sólidos Dissolvidos Totais e Turbidez, medidos em três pontos, durante as campanhas na mesma seção.

Parâmetros	Campanhas						
	22/08/12	23/08/12	27/09/12	12/10/12	15/11/12	04/01/13	13/01/13
SST (mg/L)	8,8	26,2	36,20	13,60	13,80	6,30	6,00
SDT (mg/L)	49,4	56,2	36,20	35,40	36,80	46,00	47,80
T (NTU)	36,0	49,0	55,1	6,7	7,3	14	13

Na campanha do dia 27/09, foi observada uma chuva de 19,2 mm no dia anterior e o nível do rio naquele dia encontrava-se em 1,09m, com vazão aproximada de  $10,68 m^3/s$ . Já a campanha do dia 15/10, apresentou vazão aproximada de  $15,37 m^3/s$ , com o rio no nível aproximado de 1,23m e chuva de 26,6 mm durante a campanha com valores SST, 36,20 e 13,80 respectivamente. A correlação encontrada entre a Descarga Sólida Total e a vazão foi de  $R^2=0,7804$ .

Quando a incidência de chuva era inferior a 2mm, em qualquer uma das estações, o dia era eliminado da análise. Desta forma era feita a estimativa da vazão do rio com base na leitura da

régua limimétrica às 7:00 e 17:00hs com base na curva chave de vazão para a seção em estudo ( $Q=16,4274*(h-h_0)^{1,1132}$ ). A estimativa de carga em suspensão era feita com base nas coletas das amostras individuais de sedimentos suspensos realizadas no mesmo horário e calculada pela equação (1). Em seguida foi feita uma média simples dos dois horários para cada item para a utilização dos dados. O valor encontrado ( $R^2 = 0,3412$ ) demonstra uma baixa correlação. Analisando a correlação de Sedimento x Vazão em dias de chuvas mais intensas constatou-se que a correlação ( $R^2=0,2576$ ) permaneceu baixa.

## DISCUSSÃO

Como ponto inicial cabe ressaltar que as estimativas de transporte de sedimento realizadas são representativas apenas das condições hidrológicas e hidráulicas prevalentes na ocasião das medições de campo. Os valores encontrados para sólidos suspensos totais refletem basicamente a situação momentânea na seção no dia da campanha.

A correlação encontrada entre a Descarga Sólida Total nas campanhas realizadas e a vazão foi de  $R^2=0,7804$ . Esta correlação pode estar associada ao controle exercido pela barragem da usina de Suiça, que retém água a montante e mantém o nível do rio constante, que mesmo em períodos distintos com incidência de eventos chuvosos distintos a diferença entre o nível máximo e mínimo do rio encontrado entre uma campanha e outra foi de 0,15m. Souza Filho (2009) encontrou baixo valor de determinação ( $R^2=0,1491$ ), e atribuiu estes valores à construção das barragens em cascatas ao longo da seção longitudinal do Rio Capibaribe, alterando a dinâmica do transporte do sedimento suspenso. Calhoun & Fletcher III (1999) encontraram correlação de 0,75 no rio Hanalei no Havaí, sendo que estes valores são atribuídos a alta taxa de urbanização na região central da bacia ocasionando bancos de sedimentos em vários pontos da bacia. Já Lino et al. (2007), ao estudar quatro sub bacias do Alto rio Negro, encontraram valores baixos ( $R^2=0,569$ ;  $R^2=0,568$ ;  $R^2=0,014$  e  $R^2=0,093$ ), e ao juntar as sub bacias verificou-se um aumento da correlação  $R^2= 0,990$ . Isto demonstra que mesmo em condições semelhantes, ações antrópicas ou mesmo ambientais podem estar interferindo na disposição dos sedimentos na bacia como afirmam alguns autores (MEDEIROS et al., 2011; SOUZA & KNOPPERS, 2003; SANGOI, 2007; CARVALHO, et al. 2000).

Além disso cabe ressaltar que a seção em estudo encontra-se em declividade levemente acentuada, e desta forma faz com que as velocidades encontradas, mesmo com a influência da barragem sejam altas ( $V_{média}=0,5136$  m/s) assim como as vazões. Outro fator abordado por alguns autores é a área da bacia que interfere diretamente na quantidade de material exposto ao escoamento assim como influência na velocidade de correntes. No caso da seção em estudo tem-se que a mesma apresenta uma área de drenagem aproximada de 1020 km<sup>2</sup>, ou seja uma área muito extensa fazendo com que a precipitação seja uma outra condicionante a afetar a concentração de sólidos suspensos. Isto também pode ser comprovado no estudo de Lino et al. (2007) que ao relacionar a correlação vazão x sólidos suspensos de quatro sub bacias e a área das mesmas, verificou-se uma correlação  $R^2=0,820$ , demonstrando que quanto maior a área da bacia menor é a correlação entre a vazão e concentração dos sedimentos. Estes autores também avaliaram a correlação entre as chuvas e a vazão x concentração de sólidos suspensos nas quatro sub bacias estudadas. O valor encontrado foi de  $R^2=0,446$  demonstrando que a área total da bacia faz com que a correlação diminua quando a mesma aumenta.

Para este estudo encontramos que a correlação chuva x sólidos suspensos de  $R^2=0,3412$  foi baixo e quando avaliado a correlação em dias de chuvas mais intensas ( $R^2=0,2576$ ) este valor foi

ainda mais baixo. Novamente vale ressaltar que nestas análises estão inseridos dados de três pontos distintos por toda a bacia e com eventos chuvosos de diversas magnitudes. Isto indica que o efeito de lavagem das chuvas não interfere diretamente na seção em estudo.

Feba et. al., (2006) encontraram que o aumento da vazão está vinculado ao aumento das chuvas, e o aumento das chuvas implica no aumento do carreamento de sólidos para o leito dos mananciais, assoreando os rios e córregos e aumentando a descarga sólida do leito. Entretanto para este trabalho o efeito da incidência das chuvas nas estações a montante do trecho em estudo não seja notado devido a presença das duas barragens, que funcionam como um obstáculo ao escoamento do sedimento.

Analisando a Tabela 1 nota-se que os dois valores de SST 36,20 e 13,80 mg/L obtidos nas campanhas 27/09 e 15/10 respectivamente, demonstram valores muito distintos e de forma contrária ao esperado, onde num evento de precipitação esperava-se encontrar maior concentração de sedimentos em suspensão, assim como os valores de turbidez. Estes dados indicam que outros fatores além das chuvas podem estar afetando diretamente a concentração dos SST, como o fato de a seção estar localizada em uma região receptora de sedimentos provenientes de outras sub-bacias do rio Santa Maria da Vitória. No caso específico dos valores encontrados neste trabalho situações específicas de carreamento de sedimentos nestes afluentes pode ter ocorrido e influenciado nestes valores.

Matsuda (2010) estudando o rio Sorocaba em São Paulo, verificou que as seções em estudo que apresentaram maior concentração de sólidos suspensos tiveram influência de zonas urbanas. Ran et. al. (2012), López-Tarazón et al. (2011) e Nadal-Romero et al. (2008) observaram que a taxa de sedimentos escoados também varia de acordo com a duração do evento e também em relação a ocorrência de chuvas pretéritas. Mesmo com baixo volume e intensidade de chuva, quando o solo estava previamente molhado, o pico de sedimentos carreados era menor visto que ocorria mais infiltração da água. Já quando o solo estava mais seco o pico de sedimentos escoados era maior principalmente quando associados a chuvas intensas. Por fim Medeiros et. al., (2011) constataram o poder de diminuição das amplitudes em sistemas impactados por barragens, observando-se também que durante o período seco houve um aumento no período residência nos reservatórios aumentando significativamente a retenção de sedimentos.

Dessa forma, podemos concluir que as barragens existentes a montante da seção em estudo interferem diretamente na velocidade da corrente, vazão e principalmente exercendo o controle sobre a quantidade de sedimentos carreados para o leito do rio, principalmente durante as chuvas. Por estas razões, a discussão a respeito dos impactos das barragens existentes se torna permanente a fim de monitorar e caracterizar cada vez mais e melhor a bacia.

## REFERÊNCIAS

CALHON, R. S. & FLETCHER III, C. H. (1999). Measured and predicted sediment yield from a subtropical, heavy rainfall, steep-sided river basin: Hanalei, Kauai, Hawaiian Islands. *Geomorphology* v. 30, p. 213-226.

CARVALHO, N. O.; FILIZOLA JÚNIOR, N. P.; SANTOS, P. M. C.; LIMA, J. E. F. W. (2000). Guia de práticas sedimentométricas. Brasília: ANEEL.

CARVALHO, N de O. (1994). Hidrossedimentologia prática. CPRM – Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais, Rio de Janeiro, RJ.

FEBA, L. G. T.; MOLINA, P. M.; HERNANDEZ, F. B. T. (2006). Diagnóstico hidrossedimentológico da microbacia do Córrego Água da bomba no município de Regente Feijó – SP. In Anais do XVI Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, Goiânia, Julho, p. 1 a 6, 2006.

LINO, J. F. de L.; KOBAYAMA, M.; MALUTTA, S. (2007). Relação de sólidos em suspensão com vazão e precipitação na bacia hidrográfica do Alto Rio Negro, região sul do Brasil. In Anais do 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte, Setembro 2007.

LÓPEZ-TARAZÓN, J. A.; BATALLA, R. J.; VERICAT, D. (2011). In-channel sediment storage in a highly erodible catchment: the River Isábena (Ebro Basin, Southern Pyrenees). *Zeitschrift für Geomorphologie* v. 55(3) 365–382.

MATSUDA, Yugo. (2010). Avaliação da contribuição de sólidos suspensos de sistemas lóticos para o reservatório Itupararanga, Bacia hidrográfica do rio Sorocaba (SP). Monografia apresentada ao curso de graduação em Engenharia Ambiental da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

MEDEIROS, P. R. P.; KNOPPERS, B.; SOUZA, W. F. L.; OLIVEIRA, E. N. (2011). Aporte de material em suspensão no baixo Rio São Francisco (SE/AL) em diferentes condições hidrológicas. *Braz. Jour. Sci. Technol.* 15(1) p.42-53.

NADAL-ROMERO, E.; REGUÉS, D.; LATRON, J. (2008). Relationship among rainfall, runoff, and suspended sediment in a small catchment with badlands. v.74 p. 127-136.

RAN QIHUA; DANYANG SU; PENG LI; ZHIGUO HE.(2012). Experimental study of the impact of rainfall characteristics on runoff generation and soil erosion. *Journal of Hydrology* p.424–425.

SANGOI, R. G. Avaliação da produção de sedimentos em eventos chuvosos na bacia hidrográfica experimental de São Martinho da Serra-RS (2007). Dissertação apresentada ao curso de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), requisito para obtenção do grau de Mestre. Santa Maria, RS.

SOUZA FILHO, E. E. (2009) Evaluation of the Upper Paraná River discharge controlled by reservoirs. *Braz. J. Biol.*, 69, p.707-716.

SOUZA, W.L.F & KNOPPERS, B. (2003). Fluxos de água e sedimentos a costa leste do Brasil: relações entre a tipologia e as pressões antrópicas. *Geoch. Bras.* 17(1) p. 57-74.