

TRANSPORTE DE SEDIMENTO SUSPENSO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIANCÓ-PIRANHAS-AÇU

José Wagner Alves Garrido¹; Thâmara Martins Ismael de Sousa²; Luara Lourenço Ismael³; Diêgo Lima Crispim⁴; Paloma Mara de Lima Ferreira⁵; Manoel Móises Ferreira de Queiroz⁶

RESUMO --- Com o intenso desenvolvimento das atividades humanas nos solos em busca de suprir suas necessidades, têm-se acelerado os processos de erosão, aumentando a produção, o transporte e deposição de sedimentos nos ambientes hídricos. O referente trabalho teve como objetivo geral realizar a quantificação do transporte de sedimentos em suspensão do Rio Piranhas. O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu, na secção de controle próximo a ponte sobre o Rio Piranhas, na BR-230, distante 5 km da cidade de Pombal-PB. Foram realizadas 15 campanhas de medições no período de novembro/2012 a maio/2013, correspondentes medições de vazão e coletas de amostras de água com sedimentos em suspensão durante o período de estiagem (seco), com frequência mensal, e durante o período chuvoso. Os valores das concentrações de sedimentos em suspensão variaram entre 2,53 mg.L⁻¹ e 161,99 mg.L⁻¹, tendo um valor médio de 46,59 mg.L⁻¹ com desvio padrão de 43,93 mg.L⁻¹ para uma vazão média de 12,87 m³.s⁻¹. Tanto no período de estiagem quanto no período chuvoso, as curvas chaves de descarga sólida em suspensão e total apresentaram bons coeficientes de determinação, sendo, 0,8123 e 0,8149 no primeiro período e 0,9030 e 0,9370, no segundo, respectivamente.

ABSTRACT --- With the intense development of human activities in the soils in search to supply your needs, have accelerated the processes of erosion, increasing the production, the transportation and deposition of sediments in hydric environments. The referent work had as general objective perform the quantification of sediment transport in suspension River Piranhas. The study was performed in hydrographic reservoir River Piancó-Piranhas-Açu, in section the control next the bridge about the River Piranhas, in BR-230, distant 5 km of city Pombal-PB. Were performed 15 measurements campaigns out period of November/2012 to May/2013, correspondents flow measurements and collection of water samples with suspended sediment during the period drought (dry), with monthly frequency, and during the rainy period. The concentration values of suspended sediments ranged between 2,53 mg.L⁻¹ and 161,99 mg.L⁻¹, having one average value 46,59 mg.L⁻¹ with variation standard 43,93 mg.L⁻¹ for average flow of 12,87 m³.s⁻¹. Both in the period drought as the rainy season, keys curves solid discharge in suspension and total presented good coefficients of determination, being, 0,8123 and 0,8149 in the first period, and 0,9030 and 0,9370, in the second, respectively.

Palavras-chave: transporte de sedimentos, curva chave, Rio Piranhas.

¹ Engenheiro Ambiental, Mestrando em Engenharia Química, UFRN, Natal, RN. E-mail: josewagnerag@gmail.com

² Engenheira Ambiental, Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental, UFPB, João Pessoa, PB. E-mail: thamaraismael@hotmail.com

³ Engenheira Ambiental, Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental, UFPB, João pessoa, PB. E-mail: luara_ismael@hotmail.com

⁴ Engenheiro Ambiental, Mestrando em Sistemas Agroindustriais, UFCG, Pombal, PB. E-mail: diegolc_85@hotmail.com

⁵ Graduanda em Engenharia Ambiental, UFCG, Pombal, PB. E-mail: paloma_mara@hotmail.com.br

⁶ Professor, Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental, UFCG, Pombal, PB. E-mail: moises@ccta.ufcg.edu.br

INTRODUÇÃO

As ocupações desordenadas das bacias de drenagem, as remoções da cobertura vegetal das matas ciliares, além do limite previsto em lei, expondo o solo, mudanças nas características das precipitações e escoamento, ocorrência de chuvas mais concentradas e intensas, entre outras condições, têm-se tornado as causas do aumento de aporte de sedimento nos ambientes hídricos.

O estudo hidrossedimentológico de uma bacia hidrográfica é fundamental para a análise de viabilidade de diversas atividades econômicas, além de ser importante ferramenta de apoio a estudos ambientais (Lima *et al.*, 2004).

O conhecimento do comportamento hidrossedimentológico em uma bacia hidrográfica é fundamental para o planejamento do desenvolvimento sustentável da mesma. Um exemplo da aplicação desse conhecimento é a geração de energia elétrica através de hidrelétricas, uma vez que a vida útil das usinas é determinada com base na retenção e na distribuição dos sólidos em seu reservatório, já que quando os sólidos atingem a cota da captação de água das turbinas, geralmente inviabiliza a utilização deste reservatório.

Por sólido em suspensão entende-se como a partícula de rocha degradada e matéria orgânica transportada pela força da corrente de água. Os sólidos em suspensão transportada pelos cursos de água, decorrentes da ação erosiva da água sobre o solo, provocam a degradação da qualidade da água e prejuízos ao meio ambiente e ao desenvolvimento sócio econômico (Bicalho, 2006).

Segundo Carvalho (2008) conhecer o comportamento e a quantidades dos sólidos em suspensão é de fundamental importância para o entendimento de mecanismos de transportes e a correta avaliação da carga de sedimentos em suspensão presente em rios, além de serem fatores de grande importância para a caracterização de bacias hidrográficas e para o diagnóstico e a prevenção de problemas associados à deposição de sedimentos ao longo do curso do rio.

O rio Piancó-Piranhas-Açu, de domínio federal, uma vez que nasce no município de Santa Inez, no estado da Paraíba, e segue seu curso natural pelo estado do Rio Grande do Norte, desaguardo no Oceano Atlântico, na Costa Potiguar. Como a maioria absoluta dos rios do semiárido nordestino, à exceção do rio São Francisco e do Parnaíba, é um rio intermitente em condições naturais. Os regimes hidrológicos desses rios sofrem fortes influências das condições climáticas do semiárido. Notadamente, no curto período chuvoso, ocorrido anualmente, onde as variações de vazões, da qualidade da água e da quantidade de sedimentos são decorrentes dos volumes de água superficiais, associadas às formas de uso do solo, às características fisiográficas das bacias e ao tipo de cobertura vegetal predominante da caatinga (CBHRPPA, 2013).

O aporte de sedimentos nessas bacias fica condicionado ao período chuvoso, com características bem peculiares às condições do semiárido, em que no início das chuvas a caatinga encontra-se sem folhagem, deixando o solo exposto à ação de erosão da chuva.

De acordo com esse contexto o presente trabalho teve por objetivo geral realizar a quantificação do transporte de sedimentos em suspensão do Rio Piranhas. Os objetivos específicos foram determinar: a vazão do rio, a concentração de sedimentos em suspensão, a descarga sólida medida e não medida de sedimentos em suspensão e a descarga sólida total de sedimentos em suspensão.

MÉTODOS E MATERIAIS

Área de estudo

O presente trabalho foi realizado na sub-bacia hidrográfica do rio Piranhas (Figura 1), pertencente à bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu, a secção de controle onde foi realizado monitoramento, está localizado geograficamente pelas coordenadas $6^{\circ}43'43''\text{S}$ e $37^{\circ}47'40''\text{W}$, próxima à ponte sobre o rio Piranhas, na BR-230, a 5 km da cidade de Pombal-PB.

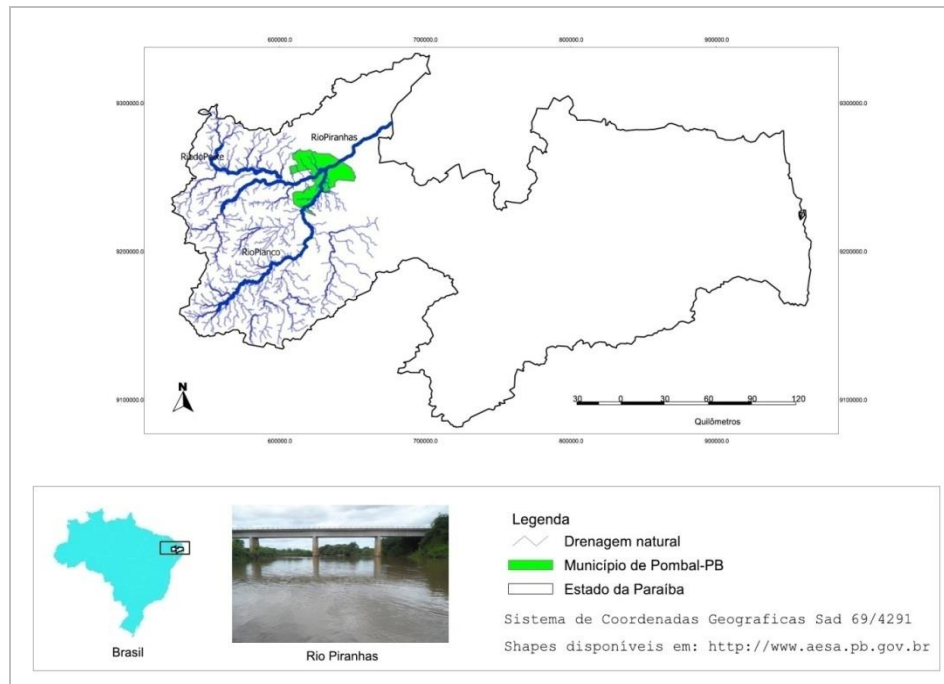


Figura 1 - Identificação da área de estudo: rio Piranhas.

Medições na secção de controle

Foram realizadas 15 campanhas de medições no período de novembro/2012 a maio/2013, correspondentes medições de vazão e coletas de amostras de água com sedimentos em suspensão durante o período de estiagem (seco), com frequência mensal, e durante o período chuvoso, seguindo as ocorrências de chuvas que provocasse a alteração da vazão do rio.

Todos os equipamentos utilizados para medições e coletas pertencem ao Laboratório de Hidrologia do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Pombal – PB.

Determinação da descarga líquida

Para a determinação da vazão líquida foi utilizado um Perfilador Acústico Corrent Doppler – ADCP, medidor acústico de vazão, modelo RiverSurveyor S5 da Sontek, com base no manual do equipamento (Sontek, 2009), também determinando outras variáveis hidrossedimentológicas (profundidade média do rio, largura do topo da secção do rio, velocidade média da água e outras).

Foi colocado um cabo graduado na secção para prender a embarcação, onde o ADCP foi fixado na lateral desta e conectado a um notebook (software-riverSurveyor live) fornecido pelo fabricante.

Em seguida, foram realizadas em cada campanha, no mínimo, duas travessias da seção do rio, registrando, simultaneamente: perfil de fundo ou batimetria, perfis e direções de velocidades, trajetória descrita pelo barco e outros parâmetros. O próprio software encarregou-se de registrar e processar as informações colhidas e calcular a vazão total da seção.

Amostragem de sedimentos em suspensão

O processo de amostragem de sedimentos em suspensão para a análise de concentração de sedimentos em suspensão, foi baseado na metodologia de Carvalho (2008), usando a integração na vertical do perfil de igual incremento de largura.

Foram utilizados os amostradores DH-48 (medição a VAU – forma que é realizada por um operador que atravessa o curso de água a pé) com bico 1/4” e DH-49, fazendo-se uso do barco de alumínio da ARUAK 500 PREMIUM, com guincho fluviométrico modelo 207/10 da HIDROMEC e motor de poupa da MERCURY.

O número de amostras obtidas variaram de acordo com a época da campanha realizada, no período seco, o volume coletado foi geralmente 10 L e no período chuvoso, foi cerca de 5 L para diferentes verticais.

Análises em laboratório

As amostras coletadas foram levadas ao laboratório de Hidrologia do CCTA/UFCG, colocadas em repouso por um período mínimo de 96 horas, para a decantação dos sedimentos a fim de se obter a redução de volume, conforme Carvalho *et al.* (2000).

Para a determinação da concentração de sedimentos em suspensão foi empregado o método do tubo de retirada pela base, descrito por Carvalho (2008), a qual foi montada no laboratório de

Hidrologia, constituindo-se tubos de vidro graduados em divisões de 5 mm, com 1,20 m de comprimento, 2,54 cm de diâmetro interno e 3,0 cm de diâmetro externo.

A concentração de sedimentos em suspensão – C_{ss} (mg/L) foi obtida a partir da Equação (1), fazendo a relação entre massa de sedimentos – m_{ss} (mg) (sedimento seco) e o volume de água com sedimento coletado - V (L).

$$C_{ss} = \frac{m_{ss}}{V} \quad (1)$$

As descargas sólidas em suspensão medida – Q_{ss} (t/dia), com amostragem de igual incremento de largura, foram calculadas a partir da Equação (2).

$$Q_{ss} = 0,0864.Q.C_{ss} \quad (2)$$

sendo,

Q a descarga líquida em ($m^3.s^{-1}$);

C_{ss} a concentração de sedimento em suspensão em ($mg.L^{-1}$).

No cálculo da descarga sólida total - Q_{st} , a estimativa deste é efetuada com a concentração de sedimento menor do que a concentração real devido à limitação do equipamento, que não permite a coleta na zona não amostrada. Então para essa correção pode ser aplicado o método modificado de Einstein (ou método de Colby, 1957) citado por Carvalho (2008).

Para o cálculo da descarga sólida total - Q_{st} , Colby (1957) desenvolveu pelo menos três métodos, baseados no método de Einstein e em várias medições no campo. Um deles, disponível em Carvalho (2008) é o que foi utilizado nesse estudo, que usa basicamente três ábacos, dados de descarga líquida em ($m^3.s^{-1}$), velocidade média em ($m.s^{-1}$), profundidade média do rio em (m), largura da seção do rio em (m) e concentração medida de sedimentos em suspensão em ($mg.L^{-1}$).

A Q_{st} é calculada pela soma da descarga sólida em suspensão medida - Q_{ss} com a descarga sólida não medida - Q_{nm} , conforme a Equação (3).

$$Q_{st} = Q_{ss} + Q_{nm} \quad (3)$$

em que,

Q_{st} é a descarga sólida total em ($t.d^{-1}$);

Q_{ss} é a descarga sólida medida em ($t.d^{-1}$);

Q_{nm} é a descarga sólida não medida em ($t.d^{-1}$).

A descarga sólida não medida é determinada a partir do produto da descarga sólida não medida aproximada pelo fator de correção e pela largura da seção, conforme a Equação (4).

$$Q_{nm} = q_{nm}.K.L \quad (4)$$

onde,

Q_{nm} é a descarga sólida não medida ($t.d^{-1}$);

q_{nm} é a descarga sólida não medida aproximada ($t.d^{-1}.m^{-1}$);

K é o fator de correção (adimensional);

L é o comprimento (m).

RESULTADOS E DISCUSÃO

A região semiárida é caracterizada por períodos sazonais distintos, sendo composta por um período de estiagem e por outro período chuvoso. Diante disto, observa-se que as variáveis hidrossedimentológicas estudadas, apresentaram diferentes relações para os dois períodos, conforme observados na Tabela 1 apresentam os resultados das análises de sedimentos em suspensão e dos parâmetros hidrossedimentológicos registrados.

Os valores das concentrações de sedimentos em suspensão variaram entre $2,53 \text{ mg.L}^{-1}$ e $161,99 \text{ mg.L}^{-1}$, tendo um valor médio de $46,59 \text{ mg.L}^{-1}$ com desvio padrão de $43,93 \text{ mg.L}^{-1}$ para uma vazão média de $12,87 \text{ m}^3.s^{-1}$. O valor médio da concentração de sedimentos em suspensão encontrado no Rio Piranhas difere dos valores encontrados em alguns outros rios com diferentes vazões, como mostram os estudos realizados por Lima *et al.* (2004) no Rio Tocantins, com uma concentração de $8,84 \text{ mg.L}^{-1}$ para uma vazão média de $10.981,0 \text{ m}^3.s^{-1}$; por Lima (2001) no Rio São Francisco, com um valor médio de $27,38 \text{ mg.L}^{-1}$ e vazão média de $2.119,5 \text{ m}^3.s^{-1}$; por Guyot *et al.* (2005) que, trabalhando no Rio Amazonas, encontraram uma concentração de $149,33 \text{ mg.L}^{-1}$ e vazão média de $149,33 \text{ m}^3.s^{-1}$; por Carvalho *et al.* (2005) no Rio Paraguai, que observaram uma concentração de $108,11 \text{ mg.L}^{-1}$ e vazão média de $172.000,0 \text{ m}^3.s^{-1}$ e por Souza (2011) Rio Capibaribe, que encontrou uma concentração de $561,95 \text{ mg.L}^{-1}$ e vazão média de $2,49 \text{ m}^3.s^{-1}$.

Tabela 1 - Dados das análises de sedimentos em suspensão do rio Piranhas.

Período	Medição	Data da campanha	H (m)	A (m ²)	L (m)	V (m.s ⁻¹)	Pm (m)	C _{ss} (mg.l ⁻¹)	Descargas			
									Q (m ³ .s ⁻¹)	Q _{ss} (t.dia ⁻¹)	Q _{nm} (t.dia ⁻¹)	Q _{st} (t.dia ⁻¹)
Seco	1	20/11/2012	0,52	33,7	51,28	0,315	0,68	8,8	10,76	8,18	19,37	27,55
	2	26/12/2012	0,46	31,8	50,83	0,300	0,65	2,53	9,68	2,12	9,7	11,82
	3	31/01/2013	0,485	32,6	51,02	0,306	0,66	7,32	10,12	6,4	16,69	23,09
	4	28/02/2013	0,495	32,9	51,09	0,308	0,67	8,59	10,30	7,64	17,07	24,71
Chuvoso	5	19/03/2013	0,87	47,6	53,98	0,420	0,91	161,99	19,93	279	209,66	488,66
	6	22/03/2013	1,0	54,0	55,02	0,467	1,02	83,38	25,06	180,55	198,18	378,73
	7	26/03/2013	0,79	43,1	53,11	0,384	0,85	96,58	16,57	138,27	128,1	266,37
	8	27/03/2013	0,72	41,1	52,80	0,371	0,81	45,48	15,31	60,15	85,05	145,2
	9	28/03/2013	0,92	50,5	54,54	0,442	0,95	82,01	22,33	158,22	178,91	337,13
	10	30/03/2013	0,525	33,9	51,32	0,316	0,69	55,25	10,86	51,83	51,3	103,13
	11	02/04/2013	0,341	28,3	49,95	0,272	0,59	32,22	7,85	21,86	27,75	49,61
	12	10/04/2013	0,29	26,9	49,58	0,260	0,56	16,71	7,18	10,37	15,92	26,29
	13	15/04/2013	0,3	27,2	49,65	0,263	0,57	15,62	7,31	9,86	16,3	26,16
	14	25/04/2013	0,44	31,2	50,68	0,295	0,64	36,39	9,35	31,13	31,24	62,64
	15	14/05/2013	0,435	32	50,78	0,308	0,66	45,91	9,84	39,03	42,42	81,45
Valor médio			0,57	36,46	51,71	0,34	0,73	46,59	12,87	66,97	69,84	136,84
Desvio padrão			0,23	8,65	1,75	0,07	0,14	43,93	5,65	83,22	72,43	154,49

Legenda: H: cota (régua linimétrica); A: área molhada; L: largura do topo; V: velocidade média da água; P: profundidade média; Q: descarga líquida; C_{ss}: concentração de sedimentos em suspensão; Q_{ss}: descarga sólida em suspensão medida; Q_{nm}: descarga sólida em suspensão não medida; Q_{st}: descarga sólida total.

Os dados apresentados na Tabela 1, referentes aos meses de novembro de 2012 a fevereiro de 2013 corresponderam ao período de estiagem (seco), que começa em setembro e se prolonga até fevereiro, enquanto os meses de março a maio compõem o período chuvoso que se prolonga até agosto.

No período seco ocorreu baixa produção de sedimentos, constatando-se que a menor concentração de sedimento em suspensão ocorreu na segunda medição, com um valor correspondendo a 2,53 mg.L⁻¹ para uma vazão de 9,68 m³.s⁻¹. Já no mês de março, quando registrado ocorrência de chuva significativa por estar no início da época chuvosa, registrou-se a maior concentração, que ocorreu na quinta medição, com um valor de 161,99 mg.L⁻¹ para uma vazão de 19,93 m³.s⁻¹.

Esta variação de produção de sedimentos também foi avaliada por Souza (2011) no estudo referente à produção de sedimento da bacia hidrográfica do Rio Capibaribe, que para o período chuvoso e não chuvoso do ano de 2010, constata-se que a maior concentração de sedimento em suspensão ocorreu no período chuvoso com um valor correspondendo a 1071,55 mg.L⁻¹ para uma vazão de 5,31 m³.s⁻¹, e a menor concentração ocorreu no período não chuvoso com um valor de 363,10 mg.L⁻¹ para uma vazão de 0,29 m³.s⁻¹.

De acordo com Carvalho (2008), que analisou o comportamento das concentrações de sedimentos, 70% a 90% do material transportado nos cursos d'água estão diretamente relacionados com a quantidade de precipitações e ocorrem principalmente durante período de fortes chuvas.

Como pode ser visto na Tabela 1, este comportamento é observado na primeira medição do mês de maio, quando se obteve maior registro de concentração de sedimentos em suspensão nesse estudo, devido à ocorrência das primeiras precipitações no dia anterior da amostragem, em toda a bacia hidrográfica do Rio Piranhas.

Neste período de início das chuvas, na região de estudo, a vegetação encontrava-se sem folhagem, deixando o solo exposto à ação do processo erosivo e de ocorrer à lavagem de toda a bacia hidrográfica pelo escoamento superficial, carreando todo o material sólido desprendido para o exutório, promovendo o registro de maior concentração de sedimentos em suspensão, no período estudado.

Seguindo o que descreve Carvalho (2008), em que a plotagem de uma grande quantidade de dados hidrológicos de uma determinada seção pode apresentar curvas distintas, uma do período de estiagem e outra do período chuvoso, então foram plotados os gráficos que representam curvas chaves de sedimentos em suspensão do Rio Piranhas, para esses dois períodos, apresentadas na Figura 2 e 3, respectivamente. Essas curvas mostram a correlação existente entre a concentração ou descarga sólida em função da vazão ou descarga líquida.

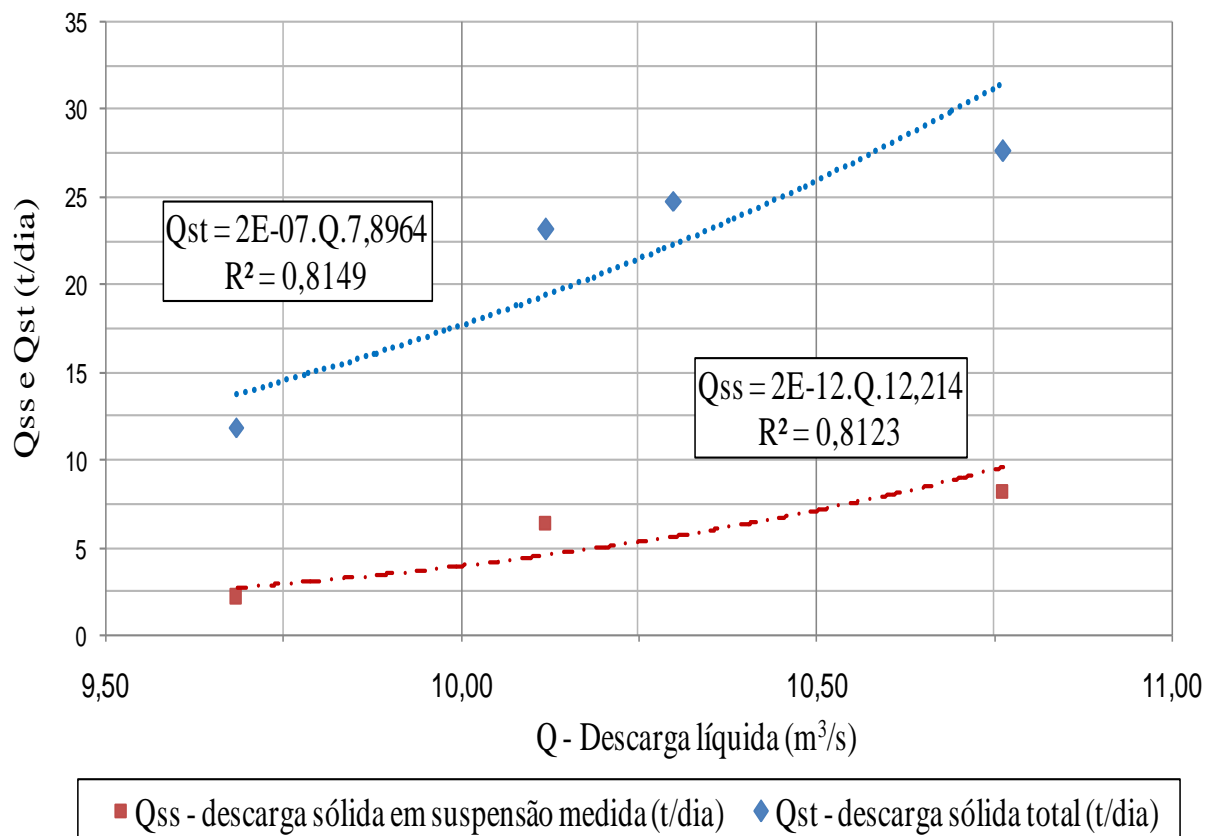


Figura 2 - Curvas chaves de sedimentos em suspensão do Rio Piranhas, para o período de estiagem.

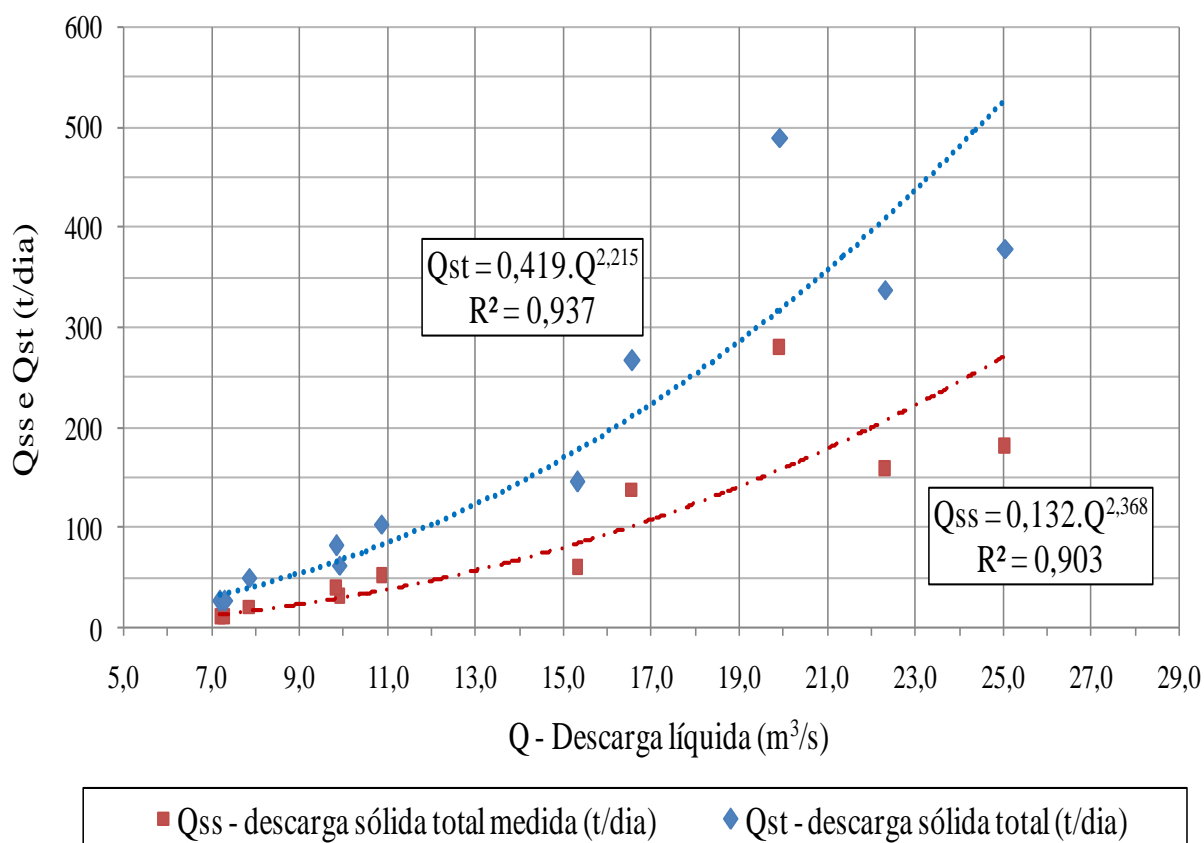


Figura 3 - Curvas chaves de sedimentos em suspensão do Rio Piranhas, para o período chuvoso.

Com os ajustes das curvas chaves das descargas sólida em suspensão e total do Rio Piranhas, para o período de estiagem (Figura 2), pode-se observar que mesmo utilizando poucos dados de observação, ocorreram bons ajustes das curvas, que apresentou uma boa correlação entre as variáveis analisadas. Os respectivos coeficientes de determinação R^2 com valores de 0,8123 e 0,8149, indicam que 81,23 % e 81,49 % de variação da variável descarga líquida, explica a variação da variável descarga sólida em suspensão e descarga sólida total, respectivamente.

Os ajustes das curvas chaves das descargas sólida em suspensão e total do Rio Piranhas para o período chuvoso (Figura 3), também apresentaram bons ajustes, como mostra os respectivos coeficientes de determinação 0,903 e 0,937.

Segundo Gomes *et al.* (2009), para se ter uma análise mais consistente das curvas é necessário um maior número de dados por se tratar de séries hidrológicas, principalmente na região do semiárido devido à desuniformidade das chuvas.

Os valores de descarga sólida em suspensão para o total de campanhas realizadas no Rio Piranhas variaram entre 180,55 e 2,12 t.dia⁻¹ para as respectivas variações de descargas líquidas de 25,06 e 9,68 m³.s⁻¹.

Valores de descarga s3lida em suspens3o com magnitude bem superiores foram encontrados por Cunha Filho *et al.* (2010), em estudo de produ3o de sedimentos em suspens3o da bacia hidrogr3fica do Riacho Exu, no semi3rido pernambucano, o qual teve varia33es de 13.539,39 t.dia⁻¹ a 1,03 t.dia⁻¹; Melo *et al.* (2008), na pesquisa realizada na sub-bacia hidrogr3fica do Rio Jacu- PE, obtiveram uma varia33o de 0,094 t.dia⁻¹ a 9,018 t.dia⁻¹ com as respectivas varia33es de vaz3es de 0,00708 a 0,3446 m³.s⁻¹.

De acordo com Carvalho (2008) na natureza, para cada vaz3o num determinado momento, existe um valor distinto de descarga s3lida, concluindo que a curva chave de sedimentos n3o pode substituir os valores reais confi3veis.

Chow *et al.* (1998) ressaltam que as curvas chaves precisam ser checadas periodicamente, devido 3s diferen3as que podem ocorrer em rela3o a alguns fatores como a deposi3o de sedimentos, que para uma mesma cota pode fornecer vaz3es diferentes; Souza (2011), tamb3m ressalva que se deve ficar atento ao fato da curva chave estar intimamente ligada 3s caracter3sticas hidr3ulicas da se3o de controle, pois qualquer mudan3a dessas caracter3sticas pode acarretar uma varia33o da express3o matem3tica.

CONCLUS3ES

A concentra3o de material transportado no Rio Piranhas est3 diretamente relacionada com a quantidade de precipita33es, ou seja, as maiores concentra33es de sedimentos em suspens3o foram medidas no per3odo chuvoso, sendo o maior valor (161,99 mgL⁻¹) registrado na primeira medi33o do m3s de mar3o, in3cio da 3poca chuvosa.

Tanto no per3odo de estiagem quanto no per3odo chuvoso, as curvas chaves de descarga s3lida em suspens3o e total apresentaram bons coeficientes de determina33o, sendo, 0,8123 e 0,8149 no primeiro per3odo e 0,9030 e 0,9370, no segundo, respectivamente.

A principal medida preventiva que deveria ser implantada nas margens deste rio s3o a manuten3o e reconstitu33o das matas ciliares conforme determina a Lei Florestal Brasileira. A implanta33o de matas ciliares 3 a a3o preventiva mais importante para conten3o de sedimentos, pois as matas ciliares “filtram” a 3gua proveniente das chuvas que escoam para o reservat3rio, evitando assim problemas com assoreamento.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a UFCG/PROBEX/CNPq e a todos que fazem o Laboratório de Hidrologia e de Água do CCTA/UFCG.

BIBLIOGRAFIA

- BICALHO, C. C. (2006). *Estudo do transporte de sedimentos em suspensão na bacia do Rio Descoberto*. 142 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. Brasília, DF.
- CARVALHO, N. O.; FILIZOLA JÚNIOR, N. P.; SANTOS, P. M. C.; LIMA, J. E. F. W. (2000). *Guia de Práticas Sedimentométricas*. Brasília: ANEEL. 154 p.
- CARVALHO, N. O.; IDE, C. N.; VAL, L. A. A.; RONDON, M. A. C.; BARBEDO, A. G. A.; CYBIS, L. F. A. (2005). *Riscos devido à degradação e agradação de solos na bacia do alto Paraguai*. In: Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos - João Pessoa-PB. ABRH.
- CARVALHO, N. O. (2008). *Hidrossedimentologia Prática*. 2. ed. Rio de Janeiro: INTERCIÊNCIA, 599 p.
- CBHRPPA – Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó Piranhas Acú. *A Bacia*. Disponível em: < <http://www.cbhpiancopiranhasacu.org.br/site/a-bacia/>>. Acesso em: 17 de jun. 2013.
- CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. M. (2008). *MecGraw-Hill series in water resources and environmental engineering*. United States. Applied Hydrology: McGraww- Hill, p.565.
- CUNHA FILHO, M.; CANTALICE, J. R. B.; STOSIC, B.; ARAÚJO, A. M.; PISCOYA, V. C.; ALVES, P. S. (2010). *Produção de sedimentos em suspensão da bacia hidrográfica do riacho exu no semiárido pernambucano*. In: Anais do IX Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos. Brasília- DF.
- GOMES, R. J.; JUNIOR, V. de P. e S.; MONTENEGRO, A. A. A. SILVA, T. P. N. da. (2009). *Avaliação da descarga líquida e sólida em seção natural da bacia do alto Ipanema-PE*. In: Anais da IX Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão – Recife-PE. UFRPE.
- GUYOT, J. L.; FILIZOLA, N. P.; LARAQUE, A. (2005). *Régime et bilan du flux sédimentaire de l'Amazone à Óbidos (Pará, Brésil) de 1995 à 2003*. In: WALLING, D. E.; CHOROWITZ, A.J. Sediment budgets. Publication of International ASSOCIATION of Hydrological Sciences – IAHS, v. 291, 347-354.
- LIMA, J. E. F. W. (2001). *Diagnóstico do fluxo de sedimentos em suspensão na bacia do rio São Francisco*. Embrapa Cerrados; Brasília-DF: ANEEL-ANA.
- LIMA, J. E. F. W.; SANTOS, P. M. C.; CARVALHO, N. O.; SILVA, E. M. (2004). *Diagnóstico do fluxo de sedimentos em suspensão na Bacia Araguaia Tocantins*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, Brasília, DF: ANEEL: ANA.

MELO, R. O.; CANTALICE, J. R. B.; ARAÚJO, A. M.; CUNHA FILHO, M. (2008). *Produção de sedimento suspenso de uma típica bacia hidrográfica semiárida*. In: Anais do VIII Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos. Campo Grande- MS.

SOUZA, W. L. da S. (2011). *Produção de sedimentos da bacia hidrográfica do rio capibaribe para zona costeira da região metropolitana do Recife*. 136f. Dissertação (Mestre em Mestre em Ciência do Solo) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE.