

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA MATA CILIAR NA BACIA DO RIO JAPARATUBA-MIRIM, SERGIPE, SOBRE O ESCOAMENTO SUPERFICIAL E PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS SIMULADOS COM O MODELO SWAT

Ricardo de Aragão¹, Marcus Aurélio S. Cruz², Julio Roberto A. Amorim², Luciana C. Mendonça¹, Silmara de M. Pantaleao¹, Erwin H. M. Schneider¹, Eduardo E. de Figueiredo³ & Vajapeyam S. Srinivasan⁴

Resumo – A necessidade cada vez mais crescente por recursos naturais fez crescer o desmatamento em bacias hidrográficas, levando, em alguns casos, a completa extinção da vegetação, principalmente nas áreas de nascente e da mata ciliar. A mata ciliar contribui para o incremento de recarga para os aquíferos, redução da energia do rio e da carga poluidora que chega até o rio. Faz-se necessário, portanto, determinar a área de vegetação que pode ser preservada como mata ciliar e qual seria a influencia desta para a redução da produção de sedimento e o aumento da infiltração. Esta verificação foi conduzida através da aplicação do modelo SWAT (Neitsch, 2005) à bacia do Rio Japartuba-Mirim (SE), considerando a condição de uso e cobertura da terra existente no ano 2000 (C1), uma faixa de 50 m (C2) e de 200 m (C3) de mata ciliar. Os resultados mostram que houve o incremento da recarga para os aquíferos (cenários C1 para C2 e C3), redução do escoamento superficial que chega ao exutório e redução da carga de sedimento, porém o resultado foi mais expressivo para o cenário C3.

Palavras-Chave – Rio Japarutuba, modelo SWAT, mata ciliar.

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF BANK VEGETATION ON THE SIMULATED SURFACE RUNOFF AND SEDIMENT YIELD IN THE JAPARATUBA-MIRIN RIVER BASIN, SERGIPE, VIA SWAT MODEL

Abstract – The ever increasing exploration of the natural resources, has resulted in the continued elimination of the natural vegetation and particularly, the bank vegetation in many river basins. The bank vegetation not only increases the ground water recharge, but also helps in the reduction of the pollutant and sediment load reaching the river. Hence, an evaluation of the influence of bank vegetation on runoff and sediment load of Rivers would be of great help in the process of preserving the bank vegetation. In the present study, the model SWAT (Neitch, 2005) was utilized to verify this influence in the basin of the River Japarutuba-mirim in the state of Sergipe. Considering the conditions existant in 2000 (C1), two more scenarios were analysed with a bando f bank vegetation of 50m (C2) and 200 m (C3). The results show that the recharge increased from C1 with C2 and C3. The reduction of sediment load, however, was quite significant with C3.

Keywords – SWAT model, Japarutuba river basin, riparian vegetation.

1. INTRODUÇÃO

¹ Prof. da da Univ. Federal de Sergipe - SE, Av. Marechal Rondon, s/n Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, 49100-000; e-mail: ricardoaragao@yahoo.com, lumendon@uol.com.br, spleao@yahoo.com.br, erwinhenrique@hotmail.com

² Pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros - Sergipe. Av. Beira Mar, 3250, Jardins, Aracaju-Sergipe, CEP:49025-040, . Fone (79) 4009-1310. e-mail: masacruz@cpac.embrapa.br, julio.amorim@embrapa.br

³ Prof. da Univ. Federal de C. Grande-PB; C.Postal 505 CEP: 58.100-970, C. Grande – PB. Fone (83) 3310-1156. e-mail: eneasef@yahoo.com

⁴ Prof. Visitante Nacional Sênior, Centro Acadêmico do Agreste, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru. e-mail: vajapeyam@yahoo.com

A necessidade cada vez mais crescente por recursos naturais, tais como solo, água e elementos da flora, para produção de bens de consumo, fez crescer o desmatamento em bacias hidrográficas, principalmente nas áreas de nascente e da mata ciliar. Nas áreas de nascente, a vegetação contribui para o incremento da infiltração da água de chuva e posterior recarga dos aquíferos. Por outro lado, a mata ciliar contribui para infiltração, na redução da energia do escoamento superficial, e previne que a carga de sedimentos advinda das vertentes seja depositada no leito dos corpos de água (Lima, 1989). Surge assim, a procura por informações sobre a área de vegetação que pode ser disponibilizada como mata ciliar e a quantificação da influência desta sobre os processos hidrossedimentológicos que ocorrem na bacia. Este objetivo pode ser alcançado através do emprego de modelos hidrossedimentológicos de base física.

Os modelos de base física procuram simular os processos do ciclo hidrossedimentológico com melhor adequação aos processos medidos e podem fornecer diversas informações sobre as variáveis do citado ciclo quando devidamente parametrizado. Isto poderá ser feito via o acoplamento de sistemas de informações geográficas a modelos de base física (Melo, 2010), possibilitando uma correta delimitação do espaço da bacia hidrográfica e de suas sub-bacias contribuintes, bem como melhor representando o tipo e uso e cobertura a terra, relativos a cada sub-bacia, influenciando o processo de escoamento superficial e produção de sedimento. Exemplo desta classe de modelo é o modelo SWAT (Soil and water assessment tool - Neitsch et al., 2005), acoplado a um SIG, o ArcSWAT (Winchell et al., 2010; Garbossa et al., 2011).

Ao longo dos anos a bacia do Rio Japarutuba, em Sergipe, foi bastante impactada, restando menos que 6% da sua vegetação natural, principalmente na sua mata ciliar (Aragão et al., 2012). Assim, surge a necessidade de reflorestamento desta zona ribeirinha, como também determinar qual a influência desta área para os processos hidrossedimentológicos que ocorrem na bacia. Neste sentido o modelo SWAT foi aplicado à bacia do rio Japarutuba-Mirim, tributário do rio Japarutuba, que foi bastante impactada pelo binômio cana-de-açúcar x pastagem visando determinar a influência da mata ciliar sobre o escoamento superficial e produção de sedimentos na bacia do rio Japarutuba-Mirim feita através de simulações com o modelo SWAT.

2. ÁREA DE ESTUDO

A bacia do Rio Japarutuba (10°13'00" e 10°47'00" de latitude Sul e 36°48'00" e 37°19'00" de longitude Oeste) é uma das seis grandes bacias que compõe o Estado de Sergipe e tem uma área de 1687,67 km². O rio principal tem uma extensão de aproximadamente 94 km (Figura 1). Nesta bacia o período chuvoso ocorre entre os meses de abril e agosto, a temperatura média anual é de 25 °C e a umidade relativa do ar é ~74 %. (SEPLANTEC, 2004, Aragão et al., 2012). A bacia é composta por três sub-bacias: Japarutuba (54% da área total), Siriri (23,37% da área total) e Japarutuba-Mirim (22,63% da área total). A sub-bacia do Rio Japarutuba-Mirim está toda inserida na porção agreste da bacia do rio Japarutuba, tem comprimento de cerca de 60 km e área de drenagem de ~335,4 km².

O monitoramento hidrológico na sub-bacia do Rio Japarutuba-Mirim é feito através de duas estações fluviométricas (Fazenda Pão de Açúcar (PA), código ANA 50042000 - áreas de 137,3 km²; Fazenda Cajueiro (CJ), código ANA 50043000, área de 277,8 km²), monitoradas pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2002), enquanto o climatológico é feito com uma estação pluviométrica automática e uma estação climatológica convencional (Figura 1). A vazão média na área da sub-bacia atinge 0,66 m³/s para o posto Fazenda Pão de Açúcar, 1,70 m³/s para o posto Fazenda

Cajueiro (Figura 1). Para o período analisado no presente trabalho (1983 a 2000) o uso e cobertura da terra predominante na sub-bacia foi de pastagem, cultivo de cana-de-açúcar e de floresta secundária (SEPLANTEC, 2004), Figura 2A. As manchas de solo predominantes na área da sub-bacia são do tipo podzólicos vermelho-amarelo e podzólicos vermelho-amarelo equivalente eutrófico seguidas de arenos quartzosos e solos aluviais (Aragão et al. 2012).

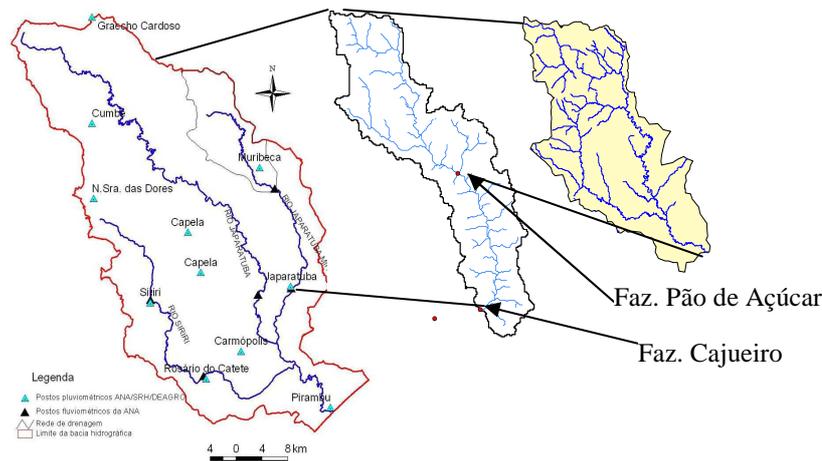


Figura 1 – Bacia do Rio Japarutuba e a sub-bacia do Rio Japarutuba-Mirim

3 METODOLOGIA

Foram utilizados dados climáticos, topográficos e de vazão, bem como as características de solo e de uso e cobertura da terra da sub-bacia para a parametrização do modelo.

3.1 O modelo SWAT

O modelo SWAT - Soil and Water Assessment Tool (Neitsch et al., 2005) é um modelo contínuo no tempo, de base física e distribuído que pode simular o escoamento superficial, a erosão nos planos e nos canais, o transporte de nutrientes e de pesticidas na escala de bacias no passo de tempo diário. Para o SWAT a bacia é dividida em sub-bacias e cada uma destas é dividida em unidades de resposta hidrológica (HRU - Hydrologic Respose Unit) que consiste em uma combinação única de uso e cobertura da terra, tipo de solo e declividade dentro da bacia. Para a estimativa da evapotranspiração de referência, o modelo disponibiliza três opções (Neitsch et al., 2005): Penman e Monteith, Hargreeves e Samani e Priestley e Taylor. Por ser distribuído, cada elemento, plano ou canal, poderá ter seu próprio conjunto de parâmetros que o caracteriza adequadamente. Em termos de escoamento, o ciclo hidrológico é calculado com base na equação do balanço hídrico (Neitsch et al., 2005):

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_d - Q_{sup} - E_a - W_{seep} - Q_{gw}) \quad (1)$$

onde SW_t é a quantidade final de água no solo (mm); SW_0 é a quantidade inicial de água no solo no dia i (mm); t é o tempo (dias); R_d é a precipitação no dia i (mm); Q_{sup} é o escoamento superficial no dia i (mm); E_a é a evapotranspiração no dia i (mm); W_{seep} é a percolação no dia i (mm); Q_{gw} é o fluxo de retorno (ascensão capilar) no dia i (mm).

O escoamento superficial pode ser calculado via o método modificado do Soil Conservation Service (SCS) (Neitsch et al., 2005). O volume de escoamento superficial é calculado via método da curva número (CN) do SCS (Neitsch et al., 2005). A vazão de pico máxima é calculada utilizando o método racional modificado. O volume gerado é escoado com base nos modelos de fluxo adaptados às condições de escoamento superficial, subsuperficial e subterrâneo. O fluxo é propagado através da rede de drenagem utilizando-se o método do armazenamento variável ou o método de Muskingum. Os volumes seguem via rede de drenagem até o ponto mais a jusante da bacia hidrográfica e neste é contabilizado o valor total de produção de água.

A produção de sedimentos é estimada para cada HRU usando a equação universal de perda de solo modificada (Modified Universal Soil Loss Equation MUSLE), Neitsch et al. (2005). Nesta equação, o fator de erosividade da chuva da equação universal de perda de solo (USLE) foi substituída por um fator de escoamento superficial, sendo escrita como segue:

$$SedY = 11,8x(Q_{sup}xqp \times Area_{HRU})x0,56K_{USLE}xC_{USLE}xP_{USLE}xLS_{USLE}xCFRG \quad (2)$$

onde SedY é a produção de sedimentos (ton/dia); Q_{sup} é o escoamento superficial (m^3/ha); qp é a taxa de escoamento de pico (m^3/s); Area_HRU é a área de drenagem da sub-bacia ou unidade de resposta hidrológica (ha); K_{USLE} é o fator de erodibilidade do solo; C_{USLE} é o fator de uso e manejo do solo; P_{USLE} é o fator de práticas conservacionistas; LS_{USLE} é o fator topográfico; CFRG é o fator ligado a rugosidade da superfície inversamente proporcional a rugosidade do solo.

Para o SWAT o transporte de sedimentos na rede de drenagem ocorre em função de dois processos (degradação e deposição), que ocorrem simultaneamente no canal (Neitsch et al., 2005) e que são calculados com a equação simplificada baseada na definição de stream power fornecida por Bagnold. Maiores informações podem ser obtidas em Neitsch et al. (2005).

3.2 - Dados utilizados

Os dados de precipitação e clima (evaporação, temperatura, velocidade do vento) cobrem o período de 1983 a 2000 e são provenientes da estação Fazenda Experimental Pirangi (latitude 10°29 Sul e longitude 37°04 Oeste (código ANA - 01037078)), localizada no município de Capela (ANA, 2002). Os dados de vazão média cobrem o período 1983 a 2000 e são disponibilizados via portal HIDROWEB (ANA, 2002), tendo sido coletados no posto Fazenda Cajueiro. Os dados de altimetria, em espaçamento de 90 m x 90 m, são oriundos da missão topográfica radar Shuttle SRTM (Miranda, 2005) e foram utilizados para a geração do modelo digital do terreno que foi empregado na discretização da sub-bacia para uso no modelo.

Além dos dados acima citados, também são necessárias, para a modelagem, informações relativas à textura do solo, granulometria, profundidade e quantidade de horizontes do solo. No presente estudo, estas informações partiram dos dados fornecidos pela SEPLANTEC (2004) ou, quando estes não foram disponibilizados, empregou-se valores disponíveis na literatura (Neitsch et al., 2005), tomando-se por base as características da região. O mapa de solo (escala 1:100.000) empregado para a determinação dos valores dos parâmetros do modelo SWAT foi disponibilizado pela SEPLANTEC (2004). As propriedades do solo foram determinadas a partir das informações de SEPLANTEC (2004), Gomes et al. (2007). A partir destas fontes, algumas propriedades hidrológicas do solo foram determinadas. Assim, foram assumidas no resultado do modelo as incertezas que esta diferença de escalas poderia gerar.

Para atingir o objetivo deste trabalho foram considerados três cenários (C) de uso e cobertura da terra (Figura 2): o uso na condição real da bacia no ano 2000 (SEPLANTEC, 2004), C1; uma faixa de mata ciliar ao longo de todos os cursos de água, desde a borda da calha do leito com largura de 50 m (C2) e com 200 (C3). Tomou por base o que consta no novo Código Florestal, Lei 12.651 (Brasil, 2012) no que se refere a delimitação de área de preservação permanente (capítulo II, Seção 1, Art. 4, alínea I). A partir do MDT e da rede de drenagem determinada, a sub-bacia do Rio Japarutuba-Mirim, posto Fazenda Cajueiro, a bacia foi dividida em 113 sub-bacias.

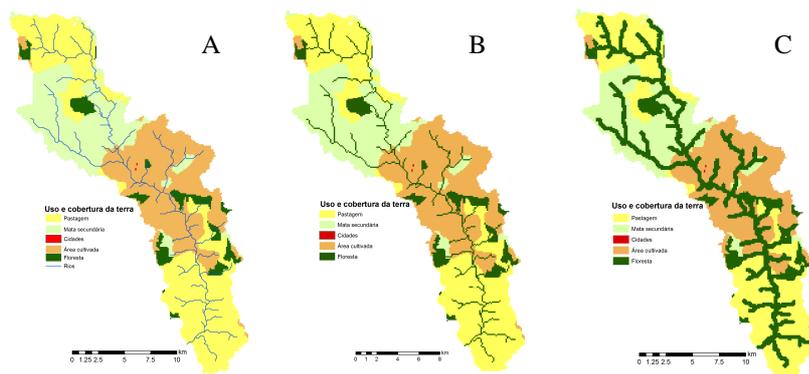


Figura 2 - Uso e cobertura da terra de acordo com os cenários: **A** - condição real da bacia no ano 2000 (C1); **B** - mata ciliar ao longo de todos os cursos de água com largura de 50 m (C2); **C** - mata ciliar ao longo de todos os cursos de água com largura de 200 (C3).

3.3 Parametrização

O modelo SWAT possui 32 parâmetros que precisam ser calibrados ou determinados a partir da literatura/dados medidos (Neitch et al., 2005). Alguns destes têm uma maior influência e outros, uma menor influência nos resultados do modelo. Devido ao acoplamento do modelo com o SIG, o sistema gera valores iniciais dos parâmetros por ele considerado. Aragão et al. (2012), utilizando o mesmo período de dados de chuva e de vazão aqui empregados (1983-2000), determinaram, via análise de sensibilidade, os parâmetros mais influentes no processo chuva x vazão. Considerando o fato que não existem dados de vazão disponíveis para os cenários 2 e 3, optou-se por não efetuar a calibração dos parâmetros do modelo para os três cenários em questão. Sendo assim, foram considerados os parâmetros identificados por Aragão et al. (2011) e os seus respectivos valores iniciais fornecidos pelo modelo (Tabela 1). Na sequência, foi considerado o período 1983-1985 para "aquecimento" do modelo e o período 1986-2000 para simulação. Por fim, foi realizada uma análise qualitativa dos resultados fornecidos pela simulação para os três cenários citados.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram obtidos os valores médios anuais das variáveis que compõe o balanço hídrico e estão listados na Tabela 2. Tomando-se como valor base àqueles obtidos para o cenário C1, condição real da bacia em 2000, observa-se que houve uma diminuição gradual do escoamento superficial, bem como um aumento gradual da recarga para o aquífero. Nota-se também que o escoamento lateral foi cada vez maior. Se considerado os percentuais de área de floresta com relação área total para os três cenários (C1=5,8%; C2=8,3%; C3=27,53%), a redução no escoamento pode-se ser considerado expressivo.

Tabela 1 – Valores dos principais parâmetros influentes nos processos chuva x vazão x erosão

Parâmetro	Descrição	Unidade	Valor dos Parâmetros
			Faz. Cajueiro
Alpha_Bf	Fator de recessão do escoamento de base	dias	0,048
Canmx	Armazenamento máximo de água no dossel vegetativo	mm	0
Ch_K2	Condutividade hidráulica efetiva no canal	mm h ⁻¹	0
Ch_N2	Coefficiente de rugosidade de Manning (n) do canal	-	0,014
Cn2	Valor da curva número (CN) do método do Soil Conservation Service (SCS) – relacionado diretamente ao grau de antropização da região	-	45-70
Esco	Fator de compensação da evaporação do solo	-	0,95
Gw_Delay	Tempo de Retardo do escoamento subterrâneo	dias	31
Gw_Revap	Coefficiente de reevaporação da água subterrânea		0,02
Gwqmn	Profundidade limite da água no aquífero raso para ocorrer fluxo de retorno	mm	0
Revapmn	Profundidade da água no aquífero raso para ocorrer percolação	mm	1
Surlag	Tempo de retardo do escoamento superficial	dias	4
Usle_C	Valor do fator C da USLE aplicável ao tipo de cobertura do solo (valor não calibrado)	-	*
Usle_K	Fator de erodibilidade do solo da USLE	t h MJ ⁻¹ mm ⁻¹	**
Usle_P	Fator de práticas conservacionistas da USLE	-	1

*Mata secundária – USLE_C= 0,0010; Floresta - C= 0,0010; Pastagem - C= 0,0080; Cultivo (cana-de-açúcar) - C= 0,3066. (Fonte: Weill & Sparovek, 2008); **Podzólicos Amarelos - USLE_K=0,029; Podzólicos Vermelho-Amarelos - USLE_K=0,021; Solos Aluviais - USLE_K=0,025; Arenos Quartzosos - USLE_K=0,017.

Em se tratando de produção de água e comparando-se os resultados dos cenários C1, C2 e C3, nota-se uma pequena diminuição dos valores das variáveis listadas na Tabela 2 em contraponto àquela observada entre C1 e C3. Isto ressalta o fato de que, para a bacia em questão e considerando os dados utilizados, a implantação de mata ciliar ao longo apenas do rio principal será benéfica, porém o resultado será pouco expressivo em termos de escoamento superficial. Além disso, tanto o aquífero profundo como o raso foram favorecidos com este pequeno crescimento da cobertura vegetal (Tabela 2). Os resultados também mostram que o crescimento, mesmo que reduzido, da área de vegetação nativa leva a uma maior evapotranspiração, o que contribuirá para o aumento da umidade no local e a provável ascensão desta massa úmida para as camadas mais altas da atmosfera. Não foi possível comparar os valores de vazão calculada com os seus respectivos observados tendo em vista o fato de que não foi efetuada a calibração dos parâmetros.

Com relação a influência da mata ciliar para a redução de carga de sedimentos/poluentes que chega ao rio, esta foi efetivamente observada, quando da transição de C2 para C3. Ou seja, assim como para o incremento da infiltração, houve uma maior retenção da carga de sedimentos que vem dos planos quando houve o aumento da faixa vegetada ao longo dos mananciais. Desta forma, apesar de 50 m (C2) ser uma faixa considerável de terra a ser cedida para o reflorestamento, no caso em questão, se o pensamento fosse retenção de poluentes este valor ainda foi pequeno, requerendo uma faixa bem maior (C3), Tabela 2. Estes resultados são ratificados via dados da Tabela 3 onde se observa que ano após ano, apesar das variações climáticas a tendência permaneceu.

Os dados das Tabelas 2 e 3 também permite concluir que apesar de existir para o escoamento e para a produção de sedimentos uma tendência de diminuição com o aumento da largura da mata ciliar, a variação de C1 para C2 foi pouco expressiva, sendo na maioria dos anos inversa, fato este que precisar de um tempo maior para ser analisado e se explicado de forma correta.

Tabela 2 - Valores médios anuais de variáveis provenientes do balanço hídrico para os cenários estudados

	Cenários		
	C1	C2	C3
Valor médio de CN	69,93	69,50	66,54
Total precipitado (mm)	1252,50	1252,50	1252,50
Escoamento superficial (mm)	210,50	206,13	178,84
Escoamento lateral (mm)	92,18	94,24	94,70
Contribuição de água subterrânea para o trecho (mm)	431,32	431,71	446,60
Quantidade de água movendo do aquífero para o solo (mm)	10,45	10,41	10,32
Recarga para o aquífero profundo (mm)	23,26	23,28	24,05
Recarga para o aquífero raso (mm)	465,17	465,54	481,09
Produção total de água (mm)	733,99	732,08	720,14
Percolação (mm)	465,45	465,81	481,30
Evapotranspiração real (mm)	483,90	485,80	497,00
Evapotranspiração potencial (mm)	859,90	859,90	859,90
Produção de sedimentos a partir dos planos (ton/ha)	15,66	15,83	2,65
Razão fluxo nos canais/precipitação	0,59	0,58	0,57
Razão escoamento de base/fluxo total	0,71	0,72	0,75
Razão evapotranspiração/precipitação	0,39	0,39	0,40

De forma geral, estes resultados mostram a importância da vegetação para a recarga dos aquíferos, para a redução do fluxo superficial que chega até o trecho do rio, no caso em questão o exutório da bacia, como também para a redução da carga de sedimentos, evitado com isso, processo erosivo nas margens, desmoronamento de barrancos e poluição dos corpos hídricos. Ou seja, quanto maior a área vegetada, maior seria o volume armazenado no aquífero que seria devolvido para o rio em épocas de seca e menor seria a carga poluidora.

Tabela 3 - Produção anual de sedimentos (ton/ha) para cada cenário

ANO	Cenários		
	C1	C2	C3
1986	23,04	23,24	3,91
1987	12,91	13,04	2,21
1988	32,81	33,12	5,59
1989	40,38	40,75	6,88
1990	5,71	5,76	0,97
1991	12,29	12,38	2,08
1992	22,58	22,75	3,80
1993	8,97	9,02	1,50
1994	11,02	11,11	1,87
1995	4,38	4,41	0,74
1996	14,93	15,05	2,54
1997	10,28	10,36	1,74
1998	3,05	3,06	0,51
1999	13,68	13,78	2,31
2000	18,81	18,96	3,18

CONCLUSÕES

Considerando os dados da bacia em questão observa-se que a mata ciliar é um eficiente elemento para a redução da carga de sedimentos que é transportada com o escoamento superficial, bem como favorece a infiltração deste escoamento, incrementando a recarga dos aquíferos. Sua eficiência aumenta com o aumento da sua largura e da sua extensão de forma que o reflorestamento apenas das margens dos grandes corpos hídricos não causará o impacto positivo esperado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FINEP pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- ANA (2002). HIDRO - Sistema de Informações Hidrológicas. Versão 1.0. Manual do Usuário.
- ARAGÃO, R.; CRUZ, M. A. S.; AMORIM, J. R. A. ; MENDONÇA, L. C. ; FIGUEIREDO, E. E.; SRINIVASAN, V. S. (2012). Modelagem do escoamento na sub-bacia do rio Japarutuba-Mirim (SE) através do modelo SWAT. In: XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2012, João Pessoa: ABRH, 2012. v. 1. p. 1-20.
- BRASIL (2012). Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Diário oficial da união, Brasília, 25 de maio de 2012.
- GARBOSSA, L. H. P.; VASCONCELOS, L. R. C. (2011). The use and results of the Soil and Water Assessment Tool in Brazil: A review from 1999 until 2010. Proceedings of the 2011 International SWAT Conference & Workshops. Toledo, Spain, 2011.
- GOMES, J. B. V.; ARAÚJO FILHO, J. C.; SIQUEIRA, O. J. W.; CARVALHO FILHO, A.; SOBRAL, L. F. (2007). Principais classes de solo do Estado de Sergipe. In SOBRA L. F, et al. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes no Estado de Sergipe. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007. p. 25-79.
- LIMA, W.P. (1989). Função hidrológica da mata ciliar. Simpósio sobre Mata Ciliar. Fundação Cargill: 25-42.
- MELO, H. A. (2010). Integração entre Modelos Hidrológicos e Sistemas de Informações Geográficas: Uma Avaliação Metodológica. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, UFCG
- MIRANDA, E. E. de; (Coord.). (2005). Brasil em Relevo. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 5 jun. 2009.
- NEITSCH, S. L.; ARNOLD, J.G; KINIRY, J.R.; WILLIAMS, J. R. (2005). Soil and Water Assessment Tool – Theoretical Documentation – version 2005. USDA Agricultural Research Service.
- SEPLANTEC (2004). Atlas Digital de Recursos Hídricos. Secretaria de Estado do Planejamento e da Ciência e Tecnologia de Sergipe: Superintendência de Recursos Hídricos, 2004.
- WEILL, M. de A.M.; SPAROVEK, G. (2008). Erosion study in the ceveiro watershed (Piracicaba, SP): I - Estimation of soil loss rates and sensitivity factor analysis of the USLE model. R. Bras. Ci. Solo, 32:801-814.
- WINCHELL, M.; SRINIVASAN, R.; DI LUZIO, M.; ARNOLD, J. (2010). ARCSWAT interface for SWAT2009 - user's guide. USDA Agricultural Research Service.