



XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS FLORESTAIS DE DIFERENTES ESCALAS NO CENTRO SUL DO RIO GRANDE DO SUL

Rafael Ramon⁽¹⁾; Miriam Fernanda Rodrigues⁽²⁾; Leandro Dalbiano⁽³⁾; Nadia Bernardi Bonumá⁽⁴⁾; Jean Paolo Gomes Minella⁽⁵⁾; José Miguel Reichert⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Estudante do Curso de Agronomia; Departamento de Solos, Centro de Ciências Rurais; Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Avenida Roraima, nº 1000, Camobi, Santa Maria-RS, rafaramon11@gmail.com; ⁽²⁾ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal; Departamento de Solos, Centro de Ciências Rurais, UFSM; ⁽³⁾ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo; Departamento de Solos, Centro de Ciências Rurais, UFSM; ⁽⁴⁾ Professora do Centro de Engenharias; Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS; ⁽⁵⁾ Professor do Departamento de Solos, Centro de Ciências Rurais, UFSM

Resumo – Os impactos das florestas de eucalipto nos processos erosivos e na produção de sedimentos têm sido pouco explorados, principalmente na escala de bacias. Neste sentido, objetivou-se descrever dados de monitoramento hidrossedimentométrico a fim de avaliar os efeitos dos cultivos de eucalipto nos processos hidrológicos, erosivos e na produção de sedimentos em bacias hidrográficas florestais embutidas. O estudo está sendo desenvolvido em duas bacias hidrográficas florestais embutidas situadas em Eldorado do Sul – RS. O monitoramento hidrossedimentométrico está sendo realizado em duas seções de monitoramento automáticas, compostas de linígrafos, turbidímetros e pluviógrafos. A produção de sedimentos foi determinada pela multiplicação entre os dados de concentração de sedimentos e vazão. Os resultados do evento de maior precipitação (96,42 mm) demonstraram que a pequena área de drenagem e o relevo mais acentuado da bacia embutida geraram respostas rápidas na vazão e concentração de sedimentos. A vazão máxima para a bacia embutida foi de $65,6 \text{ L s}^{-1}$, com concentração máxima de sedimentos de $2036,5 \text{ mg L}^{-1}$. Para a bacia hidrográfica maior, a vazão e a concentração de sedimentos apresentaram menor magnitude, sendo respectivamente, $43,16 \text{ L s}^{-1}$ e $1076,7 \text{ mg L}^{-1}$. Ocorreu amortização da onda de cheia, onde a máxima vazão observada para bacia hidrográfica maior ocorre em menor magnitude formando um hidrograma menos íngreme, aproximadamente 3 h após o pico de vazão da bacia embutida. Os resultados permitiram quantificar o efeito escala na vazão de pico e na produção de sedimentos para duas bacias embutidas, bem como os efeitos de amortização e velocidade da onda de cheia.

Palavras-Chave: erosão; hidrossedimentologia; descarga sólida.

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por produtos florestais tem ocasionado o aumento expressivo de áreas florestadas no Rio Grande do Sul, principalmente com eucalipto. Além de áreas tradicionalmente ocupadas com povoamentos florestais comerciais, áreas agrícolas e

pastoris estão sendo incorporadas ao sistema de produção florestal, principalmente aquelas com alguma limitação de uso agrícola. Apesar da contribuição à economia, os impactos das florestas de eucalipto nos processos erosivos e na produção de sedimentos têm sido pouco explorados, apesar do número significativo de problemas de degradação encontrados em áreas florestais.

O processo de geração e propagação dos componentes do escoamento (superficial e de base) em áreas de eucalipto é complexo, pois se verifica significativa geração de escoamento superficial mesmo com a presença de serapilheira ou em sub-superfície através de caminhos preferenciais, conhecidos como “pipes”. A complexidade hidrológica gera também uma incerteza sobre os processos erosivos dominantes na escala de bacia com florestas. Processos erosivos expressivos são verificados tanto na rede de drenagem como nas encostas, em bacias hidrográficas ocupadas com povoamentos de eucaliptos estabelecidos e, manejados de acordo com técnicas e práticas conservacionistas.

Existe a necessidade de compreender o padrão da erosão e da produção de sedimentos em florestas plantadas, na escala de bacias para inferir sobre o impacto das mesmas sobre o solo e a água.

A produção de sedimentos caracteriza-se como uma das incógnitas que precisam ser determinadas nas pequenas bacias hidrográficas. Considerando que a proporção de sedimentos que efetivamente atinge a rede de drenagem e que são transportados pela mesma é uma fração da perda de solo produzida nas encostas (Souza et al., 2009), é importante conhecer esse padrão para efetivamente propor medidas de controle e manejo. Nesse sentido, é relevante a obtenção de informações precisas da dinâmica dos processos erosivos e da produção de sedimentos em áreas formadas por espécies florestais exóticas e de rápido crescimento.

O conhecimento dos efeitos de distintos sistemas de produção e da inserção de novas áreas a estes sistemas constitui-se em uma ferramenta para a tomada de decisões sobre o uso e manejo dos solos, por exemplo, com o aprimoramento de modelos matemáticos que descrevem tais processos.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo descrever dados de monitoramento hidrossedimentométrico

a fim de avaliar os efeitos dos cultivos de eucalipto nos processos hidrológicos, erosivos e na produção de sedimentos em duas bacias hidrográficas florestais embutidas. As informações geradas permitiram verificar a magnitude da produção de sedimentos em duas escalas distintas.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo está sendo desenvolvido em duas bacias hidrográficas florestais situadas no município de Eldorado do Sul – RS (Figura 1). A área de estudo pertencente à empresa Celulose Riograndense (CMPC) e está situada na fazenda Terra Dura. Nos córregos da fazenda existem duas seções de monitoramento hidrológico com vertedores delimitando as duas bacias hidrográficas. A Bacia Hidrográfica Terra Dura (BH TD) possui área de drenagem de 101,7 ha e a Sub-bacia Terra Dura (Sub TD), que se encontra embutida na BH TD, possui área de drenagem de 45 ha.

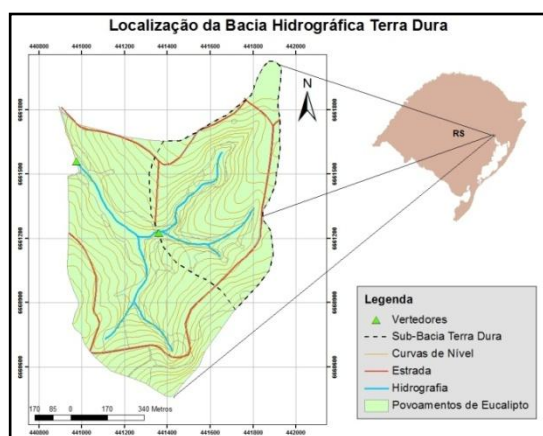


Figura 1. Localização da Bacia experimental Eldorado do Sul-RS.

As principais classes de solos presente na bacia são Argissolo Amarelo, Argissolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho, Cambissolo Háplico e Planossolo Háplico.

O uso do solo destas bacias consiste principalmente em plantio comercial de *Eucalyptus* spp., com povoadamentos de distintas idades, além de estradas, aceiros e áreas de preservação permanente (APP's). A cobertura do solo sob os povoadamentos é proporcionada por sub-bosque desenvolvido em alguns locais ou por uma camada de galhos e folhas.

Monitoramento hidrossedimentométrico

O monitoramento hidrossedimentométrico teve início em janeiro de 2011 e, está sendo realizado nas bacias hidrográficas em duas seções de monitoramento automáticas, compostas de linígrafos, turbidímetros e pluviógrafos. Os sensores de nível e turbidez (linígrafos de pressão e turbidímetros) encontram-se instalados em vertedores triangulares construídos no canal de drenagem. Os *dataloggers* foram programados para armazenar os dados mensurados em intervalos de tempo fixos de 10 min, pelos pluviógrafos, linígrafos e turbidímetros.

No monitoramento contínuo, os turbidímetros permitem a determinação indireta da concentração de sedimentos em suspensão. O turbidímetro mede automaticamente a turbidez da água que está fortemente correlacionada com a concentração de sedimentos em suspensão, possibilitando, portanto, estimá-la. A estimativa é realizada mediante equações obtidas da calibração dos sensores com soluções padrão e com sedimento da bacia, em concentrações conhecidas. A calibração do turbidímetro é realizada em intervalos quinzenais.

A variabilidade da produção de sedimentos numa bacia reflete as condições fisiográficas e de uso e manejo da bacia, por isso ela é considerada uma variável integradora. Sua determinação é feita a partir dos dados de concentração de sedimentos e vazão medidos no exutório das bacias (Equação 1).

$$PS = \sum_{i=1}^n k(C_{ss} * Q_i) \quad (1)$$

Onde: PS: produção de sedimentos (t); C_{ss} : concentração de sedimentos ($g L^{-1}$); Q_i : vazão ($L s^{-1}$); k: fator de conversão de unidades; n número de medições instantâneas de C_{ss} e Q realizadas em determinado tempo.

As informações obtidas foram organizadas de maneira a representar a variabilidade temporal, sendo separadas na escala quinzenal e de eventos.

Os resultados obtidos mediante quantificação da produção de sedimentos na bacia permitem a inferência sobre os impactos devido ao clima e as atividades antrópicas. Entretanto, apenas uma fração do solo erodido na bacia hidrográfica chegará ao local de monitoramento e será quantificada como produção de sedimentos.

O comportamento hidrossedimentológico foi avaliado em eventos tendo em vista que as características da precipitação irão influenciar na magnitude da produção de sedimentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A comparação das variáveis hidrossedimentológicas monitoradas entre as duas bacias florestais (BH TD e Sub TD) é representada na Tabela 1 para o período compreendido entre os dias 16/02/2011 a 30/04/2011, em intervalos quinzenais. Os resultados mostram que no intervalo mais chuvoso (16/04 a 30/04) houve um aumento significativo nos picos de vazão (vazão máxima) e consequentemente na produção de sedimentos em relação aos intervalos mais secos.

Os três eventos de maior magnitude durante o período monitorado foram selecionados e os resultados referentes à precipitação, vazão e produção de sedimentos estão dispostos na Tabela 2. Observa-se que há relação positiva entre os maiores picos de vazão e as maiores precipitações ocorrida sobre a bacia. De acordo com Branco (1998), isto se deve à elevada velocidade com que se dá o escoamento superficial para concentrar-se nos leitos fluviais, a qual é determinada pela declividade do terreno.

Os eventos que apresentam maior valor médio de concentração de sedimentos correspondem aos de maior precipitação pluviométrica (Tabela 2). As precipitações com alta intensidade geralmente produzem escoamentos suficientes para causar erosão laminar, uma vez que tenham superado a capacidade de infiltração do solo (Branco, 1998).

A maior área da bacia hidrográfica influencia na produção de sedimentos, conforme verificado nos resultados da Tabela 2, onde a produção de sedimentos foi maior na BH TD quando relacionada à Sub TD.

Neste contexto, se observa que a maior produção de sedimentos foi resultante da precipitação de maior intensidade, ocorrida em 22/04/2011, para ambas as bacias. O pico da Css ocorreu antes do pico de vazão, em ambas as bacias (Figura 2). Esse comportamento ocorre devido à maior transferência dos sedimentos durante os eventos de cheia (Minella, 2007).

Os sedimentogramas do evento ocorrido no dia 22/04/2011 (Figura 2) representam o efeito de escala da bacia nos processos hidrossedimentológicos. A pequena área de drenagem e o relevo mais acentuado da Sub TD geram respostas rápidas na vazão e concentração de sedimentos no exutório da bacia. A vazão máxima para a Sub TD foi de $65,6 \text{ L s}^{-1}$, com concentração máxima de sedimentos de $2036,5 \text{ mg L}^{-1}$. Para BH TD, a vazão e a concentração de sedimentos apresentaram menor magnitude, sendo respectivamente, $43,16 \text{ L s}^{-1}$ e $1076,7 \text{ mg L}^{-1}$.

Na Figura 2, é possível observar que ocorre amortização da onda de cheia, onde a máxima vazão observada para BH TD ocorre em menor magnitude e menos íngreme, aproximadamente 3 h após o pico de vazão da Sub TD, demonstrando que as bacias com maior área tendem a amortecer e regularizar o fluxo.

CONCLUSÕES

1. O monitoramento da precipitação, vazão e concentração de sedimentos em duas bacias florestais na região centro-sul do RS permitiu obter dados das descargas líquidas e sólidas para a inferência e modelagem dos impactos naturais e antrópicos em áreas florestais na escala de bacia.

2. Os resultados permitiram quantificar o efeito escala na vazão de pico e na produção de sedimentos a partir dos dados de duas bacias embutidas, bem como os efeitos de amortização e velocidade da onda de cheia, processos importantes para a futura modelagem matemática da bacia.

3. Esse estudo está em fase inicial de execução e dependerá de um período maior de monitoramento para a conclusão dos balanços de água e sedimentos e a definição dos fatores controladores. Entretanto, com o monitoramento intensivo dos eventos é evidente o potencial de informações já disponíveis na descrição dos processos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES e à FAPERGS pelo apoio financeiro e à Celulose Riograndense pela área disponibilizada para o estudo e apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- BRANCO, N. Avaliação da produção de sedimentos de eventos chuvosos em uma pequena bacia hidrográfica rural de encosta. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 1998.
- MINELLA, J.P.G. 2007. 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 (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- SOUZA, O.; OLIVEIRA, A.M.S.; QUEIROZ, W. Produção de sedimentos na região metropolitana de São Paulo. O caso da microbacia do córrego do Pau D'Alho, Guarulhos, SP. Revista Brasileira de Geomorfologia - v. 10, nº 1 (2009). Revista Brasileira de Geomorfologia, v.10, n.1, p.63-72, 2009.

Tabela 1. Variáveis hidrossedimentológicas resultantes do monitoramento na Bacia e na Sub-bacia hidrográficas florestais

Bacia Terra Dura					
Período	16/02 a 28/02	01/03 a 15/03	16/03 a 31/03	01/04 a 15/04	16/04 a 30/04
ppt (mm) ⁽¹⁾	23,51	18,76	82,50	77,14	116,40
Q média (L s^{-1}) ⁽²⁾	8,15	3,42	2,81	4,12	4,98
Q máx (L s^{-1}) ⁽³⁾	11,82	7,84	6,72	18,71	43,16
Css média (mg L^{-1}) ⁽⁴⁾	149,53	90,53	81,72	93,11	284,31
Css máx (mg L^{-1}) ⁽⁵⁾	537,91	320,03	183,39	297,87	1076,66
PS (t) ⁽⁶⁾	1,27	0,40	0,33	0,05	2,95
Sub-Bacia Terra Dura					
ppt (mm) ⁽¹⁾	23,51	18,76	82,50	77,14	116,40
Q média (L s^{-1}) ⁽²⁾	0,48	0,37	0,28	0,28	1,51
Q máx (L s^{-1}) ⁽³⁾	2,15	2,60	2,15	4,84	65,60
Css média (mg L^{-1}) ⁽⁴⁾	294,48	160,26	122,41	132,31	439,39
Css máx (mg L^{-1}) ⁽⁵⁾	673,81	615,64	271,91	578,63	2036,49
PS (t) ⁽⁶⁾	0,19	0,09	0,07	0,10	1,50

⁽¹⁾Precipitação total. ⁽²⁾Vazão média. ⁽³⁾Vazão máxima. ⁽⁴⁾Concentração de sedimentos em suspensão média. ⁽⁵⁾ Concentração de sedimentos em suspensão máxima. ⁽⁶⁾Produção de sedimentos.

Tabela 2. Variáveis hidrossedimentológicas de três eventos de precipitação para a Bacia e Sub-bacia hidrográfica Terra Dura

Data	27/3/11		14/4/11		22/4/11	
Evento de precipitação	1		2		3	
Bacia Hidrográfica	BH TD	Sub TD	BH TD	Sub TD	BH TD	Sub TD
ppt total (mm) ⁽¹⁾	34,092	34,092	66,460	66,460	96,420	96,420
I máx 1h (mm) ⁽²⁾	7,920	7,920	11,708	11,708	39,600	39,600
Q média (L s ⁻¹) ⁽³⁾	4,293	0,519	7,210	1,218	15,819	4,324
Q máx (L s ⁻¹) ⁽⁴⁾	6,723	2,146	18,708	4,835	43,160	65,600
Css média (mg L ⁻¹) ⁽⁵⁾	103,152	181,157	220,593	354,410	655,970	838,576
Css máx (mg L ⁻¹) ⁽⁶⁾	183,393	297,727	297,871	600,676	1076,657	2038,260
PS (t) ⁽⁷⁾	0,065	0,025	0,220	0,073	1,990	1,355
Escoamento superficial (m ³) ⁽⁸⁾	47,867	36,737	108,985	76,498	604,484	310,371
C (%) ⁽⁹⁾	0,118	0,091	0,138	0,097	0,527	0,271

⁽¹⁾Precipitação total. ⁽²⁾Intensidade máxima de precipitação em uma hora. ⁽³⁾Vazão média. ⁽⁴⁾Vazão máxima. ⁽⁵⁾Concentração de sedimentos em suspensão média. ⁽⁶⁾Concentração de sedimentos em suspensão máxima. ⁽⁷⁾Produção de sedimentos. ⁽⁸⁾Escoamento superficial. ⁽⁹⁾Coefficiente de escoamento.

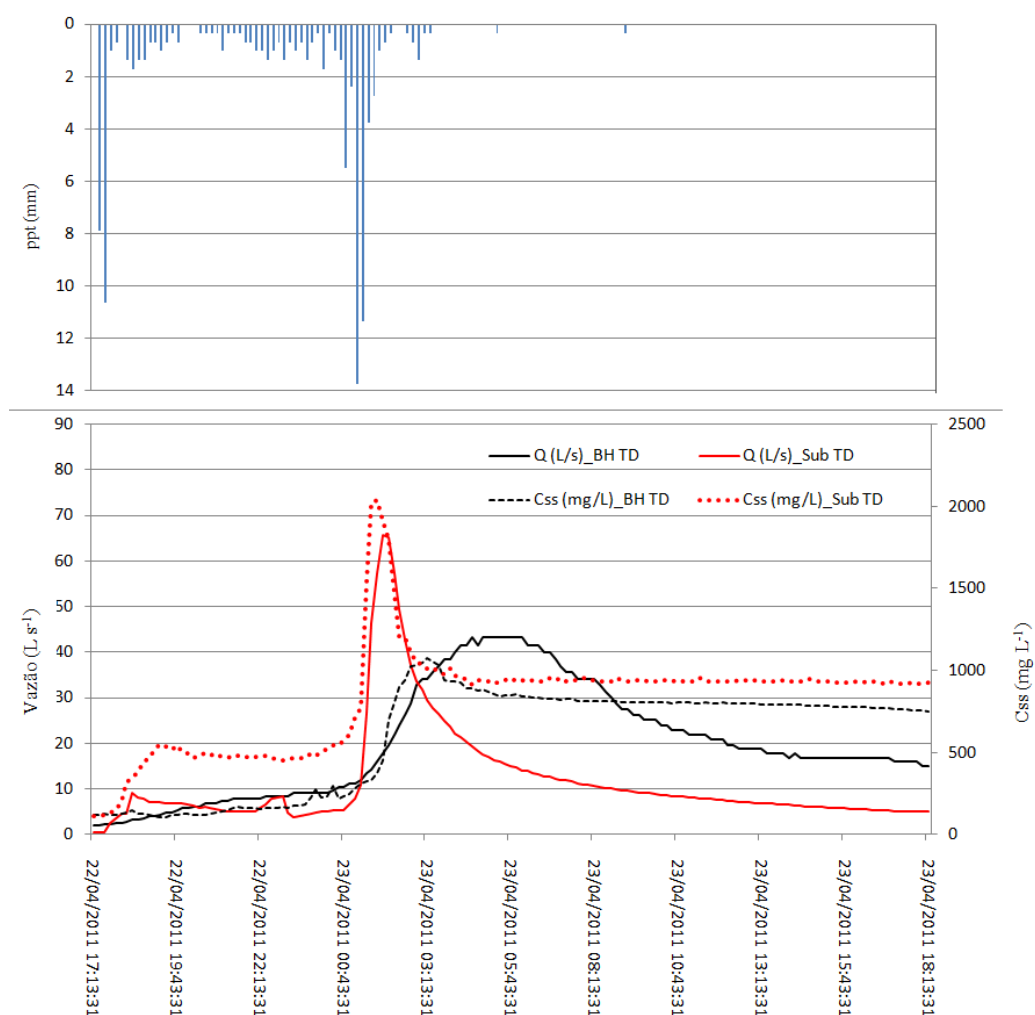


Figura 2: Hietograma, hidrogramas e sedimentogramas representando o evento de precipitação ocorrido em 22/04/2011, para a Bacia e Sub-bacia hidrográfica Terra Dura, em Eldorado do Sul - RS.