



Produção de sedimentos durante eventos chuvosos em bacias hidrográficas pareadas ocupadas com eucalipto e campo no Bioma Pampa⁽¹⁾.

**Mirian Lago Valente⁽²⁾; José Miguel Reichert⁽³⁾; Régis Lanza⁽⁴⁾;
Fabiano de Vargas Arigony Braga⁽⁵⁾; Miriam Fernanda Rodrigues⁽⁶⁾; Rosane Barbosa
Lopes Cavalcante⁽⁷⁾**

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e da Empresa Celulose Riograndense (CMPC).

⁽²⁾ Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Departamento de Solos; Universidade Federal de Santa Maria; Santa Maria, RS; E-mail: mirian_sm@yahoo.com.br; ⁽³⁾ Professor titular do Departamento de Solos; Universidade Federal de Santa Maria; Santa Maria, RS; E-mail: reichert@ufsm.br; ⁽⁴⁾ Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência do solo; Universidade Federal de Santa Maria; Santa Maria, RS; E-mail: regislanza@gmail.com; ⁽⁵⁾ Pós-doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Departamento de Solos; Universidade Federal de Santa Maria; Santa Maria, RS; E-mail: fabianovab@gmail.com; ⁽⁶⁾ Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Departamento de Solos; Universidade Federal de Santa Maria; Santa Maria, RS; E-mail: miriamf_rodrigues@yahoo.com.br; ⁽⁷⁾ Pesquisadora, Celulose Riograndense (CMPC), Guaíba, RS; E-mail: rbcavalcante@cmprcs.com.br.

INTRODUÇÃO

RESUMO: A transformação do uso da terra, bem como a redução da cobertura vegetal e da proteção do solo estão diretamente relacionadas às mudanças no comportamento hidrológico e, conseqüentemente, na erosão hídrica. O objetivo foi comparar o comportamento hidrossedimentológico e a produção de sedimentos de pequenas bacias hidrográficas com povoamentos de eucalipto e uso tradicional da região do Pampa gaúcho (campo com pecuária extensiva). O estudo foi realizado em duas bacias hidrográficas pareadas localizadas em São Gabriel-RS, uma com povoamento de *Eucalyptus saligna* (BE, 0,76 km²) e outra com campo nativo e pastagem manejada para a produção pecuária extensiva (BC, 0,96 km²). O monitoramento hidrossedimentológico foi realizado em duas seções de monitoramento automatizadas, compostas por vertedouros compostos (triangulares e retangulares) e sensores para a determinação da vazão (linígrafos), da concentração de sedimentos em suspensão (turbidímetros) e da precipitação (pluviógrafos). A vazão máxima, o escoamento superficial e a produção de sedimentos foram 73, 59 e 26% superiores, respectivamente, na BC em relação à BE no evento ocorrido em 04/07/14 e 77, 80 e 75% superiores na BC em relação à BE no evento ocorrido em 30/10/14. Evidencia-se a produção florestal com povoamentos de eucalipto em áreas tradicionalmente ocupadas com campo nativo e pastagem manejada para a produção pecuária extensiva na região do Bioma Pampa gaúcho contribui para a atenuação dos processos erosivos e da produção de sedimentos.

Termos de indexação: silvicultura; erosão hídrica, conservação do solo.

Áreas tradicionalmente utilizadas com agricultura e pecuária extensiva foram e vêm sendo incorporadas ao sistema de produção florestal com povoamentos de eucalipto. Com essa expansão da produção florestal, a paisagem campestre de áreas no Bioma Pampa, no Rio Grande do Sul, foi alterada na última década.

Os efeitos da implantação de povoamentos de *Eucalyptus* ssp. nessas áreas ainda são pouco conhecidos e existem incertezas quanto à capacidade deste bioma, em suportar a produção de florestas plantadas sem que haja comprometimento dos recursos hídricos ou degradação dos solos.

As plantações com eucalipto podem apresentar controle do escoamento superficial, redução da vazão de pico (Mello et al., 2007; Baumhardt, 2014), das perdas de solo (Lanza et al., 2014) e de nutrientes por meio do escoamento superficial.

Os estudos com bacias hidrográficas pareadas foram inicialmente instituídos para avaliar a influência da cobertura florestal no regime hídrico e nos processos erosivos (Parrilha, 2009).

Diferentemente das questões relacionadas com a disponibilidade hídrica, os impactos das florestas de eucalipto nos processos erosivos e de produção de sedimentos têm sido pouco explorados. Nesse sentido, é relevante a obtenção de informações sobre a dinâmica dos processos hidrológicos e erosivos em áreas ocupadas com povoamentos florestais, que anteriormente eram ocupadas por campo e pecuária extensiva.

Sendo assim, o estudo teve por objetivo avaliar o comportamento hidrossedimentológico e comparar a produção de sedimentos, durante

eventos de chuva-vazão-sedimentos, em pequenas bacias hidrográficas com povoamentos de eucalipto e uso tradicional da região (campo e pastagem com pecuária extensiva) na região do Pampa gaúcho.

MATERIAL E MÉTODOS

Áreas de estudo

O estudo foi conduzido em duas bacias hidrográficas pareadas localizadas em São Gabriel-RS. A bacia com povoamentos de eucalipto (BE), antes ocupada com campo nativo e pecuária extensiva, pertence à empresa Celulose Riograndense (CMPC), possui área de drenagem de 0,76 km² e está situada no horto florestal Ponta das Canas (**Figura 1a**). O uso do solo da BE consiste, principalmente, de povoamentos de *Eucalyptus saligna* implantados em 2007 (40% da área da bacia), área com novo plantio após a colheita florestal realizada em março de 2014 (21%), campo com vassourais (22%), mata nativa (8%), estradas (6%) e afloramentos rochosos (3%).

A bacia ocupada com campo nativo e pastagem manejada (BC), de propriedade particular, possui área de drenagem igual a 0,96 km² e situa-se na Fazenda Alvorada (**Figura 1b**). O uso do solo da BC consiste, predominantemente, de campo nativo, sendo parte dele manejado (62% da área total da bacia), aveia (31%), capões com eucalipto (3%), mata nativa (2%), açude (2%) e benfeitorias (0,1%).

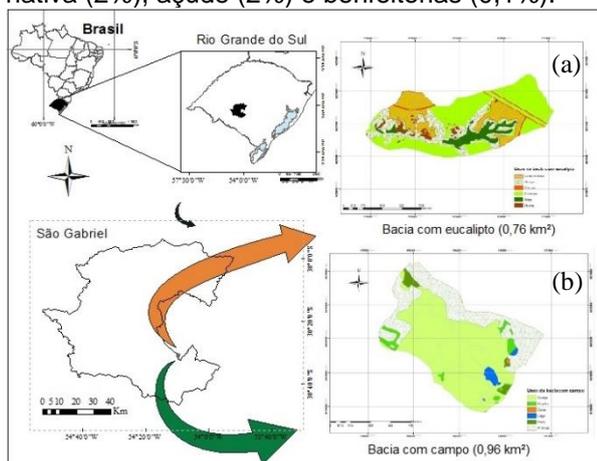


Figura 1 - Bacias hidrográficas com uso de eucalipto (a) e com campo e pecuária extensiva (b) no município de São Gabriel-RS.

O clima da região, de acordo com a classificação climática de Köppen, é classificado como Cfa, subtropical úmido com verão quente (Alvares et al., 2013).

As bacias hidrográficas estão a uma altitude média de 280 m. As classes de solo das bacias são Argissolo Vermelho, Argissolo Vermelho-

Amarelo, Cambissolo Háplico, Neossolo Regolítico e Neossolo Litólico associados com afloramentos rochosos.

Monitoramento hidrossedimentológico

O monitoramento hidrossedimentológico foi realizado para avaliar o comportamento hidrológico e sedimentológico de eventos de chuva-vazão-sedimentos. Para tanto, a principal escala temporal de análise foi a de eventos. Assim, foram selecionados dois eventos com diferentes magnitudes de precipitação ocorridos em 04/07/14 (88 mm) e 30/10/14 (50 mm).

O monitoramento foi realizado em seções automatizadas localizadas no exutório das bacias e equipadas com vertedores compostos (triangulares de 120° e retangulares), sensores de nível (linígrafos), de turbidez (turbidímetros), de chuva (pluviógrafos) e "dataloggers" programados para o registro de dados em intervalos fixos de 10 minutos.

As amostras da solução de água + sedimentos foram coletadas, durante os eventos de chuva, conforme a variação do nível de água com auxílio do amostrador USDH-48. A concentração de sedimentos em suspensão foi quantificada pelo método da evaporação, no Laboratório de Física do Solo (LaFiS) da Universidade Federal de Santa Maria.

A produção de sedimentos (PS) foi determinada por meio do somatório do produto entre a concentração de sedimentos em suspensão (C_{ss}) e de vazão (Q) medidos nas seções de monitoramento 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: vazão (L.s⁻¹); k: fator de conversão de unidades; n: número de medições instantâneas de C_{ss} e Q realizadas em determinado intervalo de tempo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O evento de chuva-vazão-sedimentos ocorrido em 04/07/14 proporcionou um volume de precipitação similar entre as bacias, mas 5,19 mm maior bacia com campo e pastagem manejada (BC) em relação à bacia com eucalipto (BE) (**Tabela 1**). As vazões máximas (10249,24 L.s⁻¹.km⁻²) e média (2836,82 L.s⁻¹.km⁻²) na BC foram 73 e 83% superiores em relação às observadas na BE. O comportamento proporcionou maiores escoamento total e superficial e, por consequência, maior produção de sedimentos para a BC em relação à BE. Mesmo que a



máxima concentração de sedimentos em suspensão tenha sido maior na BE, a sua PS foi menor dada a sua relação com vazão (**Tabela 1**).

A precipitação total do evento ocorrido em 30/10/2014 foi de 50,42 mm na BE e na BC (**Tabela 1**). O comportamento das variáveis hidrológicas e sedimentológicas foi similar ao evento ocorrido em 04/07/2014, em que as vazões média e máxima, os escoamentos total e superficial e a produção de sedimentos foram maiores para a BC em comparação à BE. Entretanto, a magnitude das variáveis foi menor (**Tabela 1**).

Tabela 1 – Variáveis hidrológicas e sedimentológicas de eventos de chuva-vazão-sedimentos ocorridos na bacia hidrográfica com eucalipto (BE) e na bacia com campo e pastagem manejada (BC), São Gabriel-RS.

| Bacia | BE | BC |
|------------|---------|-----------|
| 04/07/2014 | | |
| P | 83,58 | 88,77 |
| Im 1h | 53,70 | 69,88 |
| Q méd | 488,74 | 2,836,82 |
| Q máx | 2729,95 | 10,249,24 |
| ET | 19,31 | 51,51 |
| ES | 14,37 | 35,18 |
| Css méd | 608,13 | 610,88* |
| Css máx | 3172,70 | 2,290,20* |
| PS | 29,53 | 33,64* |
| 30/10/2014 | | |
| P | 50,42 | 50,42 |
| Im 1h | 16,96 | 16,96 |
| Q méd | 35,57 | 134,33 |
| Q máx | 52,89 | 234,87 |
| ET | 1,16 | 4,39 |
| ES | 0,16 | 0,82 |
| Css méd | 29,19 | 24,10 |
| Css máx | 72,00 | 95,20 |
| PS | 0,03 | 0,12 |

¹P é a precipitação total (mm); Im1h é a intensidade máxima da chuva em uma hora (mm); Q méd é a vazão média ($L \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$); Q máx é a vazão máxima ($L \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$); ET é o escoamento total (mm); ES é o escoamento superficial (mm); Css méd é a concentração média de sedimentos transportados em suspensão ($mg \cdot L^{-1}$); Css máx é a concentração máxima de sedimentos em suspensão ($mg \cdot L^{-1}$); PS é a produção de sedimentos específica ($Mg \cdot km^{-2}$). *Resultado incompleto devido à falha nos sensores de turbidez, utilizou-se dados observados.

Na **figura 2**, a seguir, observam-se os hietogramas, hidrogramas e sedimentogramas para os eventos monitorados.

A diferença de magnitude entre a vazão, o escoamento e a produção de sedimentos deve-se, possivelmente à menor cobertura e proteção do solo proporcionada pelo campo e pela pastagem na BC em relação à BE. Além disso, o pisoteio animal durante o pastejo na BC também contribui para a compactação do solo, o que limita a infiltração de água no solo e favorece o escoamento superficial. Por consequência, a possibilidade de erosão hídrica e transporte de sedimentos até a rede de drenagem também aumenta, proporcionando maior PS na BC em relação à BE, o que concorda ao observado por Zuluaga (2014) que verificou que essa condição de uso deixa o solo mais suscetível à erosão em comparação as áreas com povoamentos de eucalipto. Em contraste, nas áreas com povoamentos de eucalipto (BE), a interceptação de parte da chuva pelo dossel, serapilheira e o escoamento pelo tronco diminuem o impacto da chuva sobre o solo e favorece a infiltração de água no solo, o que proporciona menor escoamento superficial, menores vazões e, por consequência, menor produção de sedimentos.

A dinâmica da vazão e da concentração de sedimentos em suspensão, durante os eventos, resulta em hidrogramas e sedimentogramas raramente sincronizados no tempo. Os eventos de precipitação geraram hidrogramas com ascensão e íngreme e vazão máxima logo após a ocorrência da máxima intensidade de precipitação para a BC (**Figuras 2c e 2d**), enquanto a vazão teve ascensão e recessão menos íngremes e menor magnitude da vazão máxima. Os sedimentogramas da BE e da BC indicaram que a máxima concentração de sedimentos ocorre após a ocorrência da máxima vazão (**Figuras 2**), o que indica que as fontes de sedimentos estão distantes da rede de drenagem. Esse comportamento deve-se à chegada de sedimentos de fontes mais distantes, que são mobilizados na bacia vertente e transferidos pelo escoamento superficial para a rede de drenagem (Minella et al., 2011).

CONCLUSÕES

Os eventos geram respostas rápidas e em maior magnitude na vazão e na concentração de sedimentos em suspensão para a bacia com campo e pecuária extensiva (BC) em relação à bacia com eucalipto (BE). Por consequência, a produção de sedimentos também é maior na BC. Esse comportamento evidencia a maior capacidade dos povoamentos de eucalipto em dissipar a energia da chuva, permitir a infiltração da água no solo e proteger o solo contra a erosão em relação às áreas com pastagem e campo.

A máxima concentração de sedimentos ocorre



após a ocorrência da máxima vazão, o que indica que as fontes de sedimentos estão distantes da rede de drenagem.

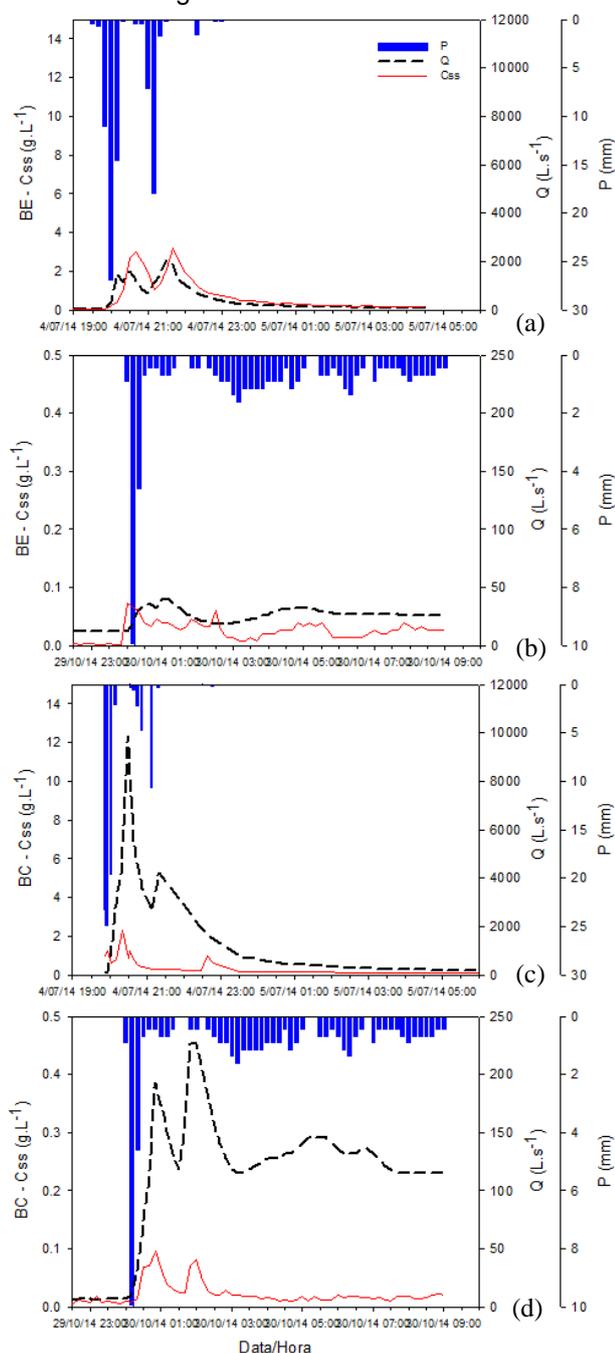


Figura 2 – Hietograma (P), hidrograma (Q) e sedimentograma (C_{ss}) para os eventos de chuva-vazão-sedimentos ocorridos em 04/07/14 e em 30/10/14 na bacia com povoamentos de eucalipto (BE) (a,b) e na bacia com campo e pecuária extensiva (BC) (c,d).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Empresa Celulose Riograndense (CMPC), ao proprietário da Fazenda Alvorada, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal de Santa Maria.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. & SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22:711-728, 2013.

BARROS, C. A. P. Comportamento hidrossedimentológico de uma bacia hidrográfica rural utilizando técnicas de monitoramento e modelagem [Dissertação]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2012.

BAUMHARDT, E. Hidrologia de bacia de cabeceira com eucaliptocultura e campo nativo na região da campanha gaúcha [Tese]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2014.

LANZA, R; VALENTE, M. L.; RODRIGUES, M. F. et al. Perdas de água e solo e erosividade das chuvas em ampo nativo e povoamento de eucalipto no Bioma Pampa, São Gabriel-RS. In: XI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS. João Pessoa, pg. 1-5. 2014.

MELLO, C. R.; LIMA, J. M.; SILVA, A. M. Simulação do deflúvio e vazão de pico em microbacia hidrográfica com escoamento efêmero. *R. Bras. Eng. Agric. Amb.*, 11:410-419, 2007.

MINELLA, J. P. G.; MERTEN, G. H. & MAGNANO, P. F. Análise qualitativa e quantitativa da histerese entre vazão e concentração de sedimentos durante eventos hidrológicos. *R. Bras. Eng. Agric. Amb.*, 15:1306-1313, 2011.

PARRILHA, T. N.; HONDA, E. A.; NIZOLI, E. C. Diagnóstico e monitoramento hidrológico do córrego Santa Helena, Marília, SP. *Instituto Florestal Série Registros*, 40:27-32, 2009.

RODRIGUES, M. F.; REICHERT, J. M.; MINELLA, J. P. G. et al. Hydrosedimentology of nested subtropical watersheds with native and eucalyptus forests. *J. Soil Sed.*, 14:1311-1324, 2014.

ZULUAGA, J. J. Hidrologia comparativa em bacias hidrográficas com eucalipto e campo [Tese] Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2014.