

Avaliação de diferentes coberturas do solo no controle da erosão em taludes de estradas florestais

Erosion control in forest road slopes by organic covers

Cintia Rodrigues de Souza
Fernando Seixas

RESUMO: O objetivo do trabalho foi avaliar técnica e economicamente três tipos de cobertura orgânica quanto à proteção de um talude de estrada de 85% de declividade média contra o processo erosivo e conseqüentes perda de solo e assoreamento de cursos d'água. Os tratamentos empregados foram: (1) Tratamento A: testemunha, solo descoberto; (2) Tratamento B: placas de grama "Batatais" (*Paspalum notatum* Flüggé); (3) Tratamento C: cobertura do solo com casca de *Eucalyptus* spp. picada (resíduo da indústria de celulose e papel) e (4) Tratamento D: cobertura do solo com tela de material orgânico impregnada com sementes de gramíneas (braquiária - *Brachiaria decumbens* Stapf e capim gordura - *Melinis minutiflora* Beauv.) e leguminosas (feijão guandu - *Cajanus cajan* e soja perene - *Neonotonia wightii*). Os parâmetros avaliados foram: sólidos em suspensão e sedimentos pesados (aqueles depositados no fundo do recipiente de coleta). Além disso, avaliou-se a evolução da taxa de cobertura das parcelas. A quantidade total de sedimentos produzida na testemunha foi superior aos outros tratamentos. A casca apresentou a menor perda de sedimentos, reduzindo, em comparação à testemunha, a perda de sedimentos em 92,5%, enquanto a grama e a tela vegetal reduziram em 69,3% e 54,1%, respectivamente. Economicamente, a cobertura mais dispendiosa é a tela; a grama e a casca apresentaram valores próximos.

PALAVRAS-CHAVE: Erosão, Estradas florestais, Proteção de taludes

ABSTRACT: The objective of this research was to assess the effectiveness of three types of organic cover regarding to rural road slopes protection against the erosive process, trying to avoid soil loss and stream clog in a road slope with 85 percent of gradient. The analyzed treatments were: (1) Treatment A: bare ground (control); (2) Treatment B: "Batatais" grass (*Paspalum notatum* Flüggé); (3) Treatment C: chopped *Eucalyptus* bark (residue of paper and pulp industry) and (4) Treatment D: organic mat with seeds of *Brachiaria decumbens* Stapf, *Melinis minutiflora* Beauv., *Cajanus cajan* and *Neonotonia wightii*. The parameters analyzed were the following: suspension solids and heavy solids. Besides, the plots cover taxes were evaluated too. The total quantity of sediments produced in the control plot was higher than other treatments. The chopped *Eucalyptus* bark produced the lower sediment waste. Compared to the control treatment, this cover did give a 92,5 percent reduction in sediment production, while the grass and the organic mat reduced it in 69,3 percent and 54,1 percent, respectively. The most expensive cover was the organic mat; the grass and the chopped *Eucalyptus* bark presented close values.

KEYWORDS: Erosion, Forest roads, Slopes protection

INTRODUÇÃO

A erosão é influenciada por vários fatores: precipitação, solo, topografia, cobertura vegetal e prática de manejo e conservação do solo. O processo erosivo é extremamente prejudicial aos ecossistemas florestais, causando os seguintes danos: perda de solo, sedimentação dos cursos d'água, poluição e degradação da qualidade da água da microbacia (devido ao assoreamento de rios, aumento das temperaturas e diminuição dos níveis de oxigênio, chegando até a causar mudanças no ecossistema aquático). Outros efeitos envolvem a perda de nutrientes (principalmente N, P e K), destruição de pontes, degradação visual, obstrução da cama de desova de peixes, diminuição da vida útil de reservatórios e perda da capacidade de produção futura da floresta (Grace III et al., 1996; Vital, 1996; Robichaud et al., 1991; Machado e Souza, 1990; FAO, 1989; Grey, 1988; Megahan, 1977; Kidd e Megahan, 1972).

A construção e uso de estradas florestais são consideradas as principais causas antrópicas de erosão e sedimentação, além da colheita e do preparo de solo (Grace III et al., 1996; Lima, 1996; Neary e Hornbeck, 1994; Machado e Souza, 1990; Seixas, 1988; Asken e Williams, 1984; Patric e Brink, 1977; Kidd e Megahan, 1972).

Neary e Hornbeck (1994) estimam que mais de 90% da produção de sedimentos em florestas são provenientes da construção e manutenção de estradas para colheita florestal, podendo aumentar a taxa natural de erosão da ordem de

4 vezes, enquanto a construção de estradas na área de exploração pode elevar esta taxa em aproximadamente 120 vezes, mesmo em áreas declivosas não perturbadas. Disso conclui-se que as estradas possuem o efeito mais impactante no processo de colheita florestal.

Kidd e Megahan (1972) afirmam que a erosão nas estradas decresce rapidamente com o tempo depois de taxas iniciais extremamente altas, porque o material mais erodível foi removido e a vegetação e a serapilheira tendem a se acumular no local.

Como a principal parcela de sedimentos gerados em estradas ocorre durante o primeiro ano seguinte à sua construção, há necessidade de implementar as medidas de controle da erosão durante e imediatamente após a construção das estradas. Uma das mais eficientes medidas de controle de erosão superficial nos taludes das estradas florestais é a aplicação de coberturas, que impedem mecanicamente a perda de solo. As coberturas mais comumente utilizadas são: palha, cavacos de madeira, rocha triturada, plantio de sementes, ou o "mulch", constituído por uma camada de material orgânico que pode conter sementes de gramíneas e/ou leguminosas.

O objetivo deste trabalho foi a avaliação técnica e econômica de alternativas de coberturas orgânicas de baixo custo para a proteção de taludes de estradas florestais, visando a proteção da superfície estradal e a diminuição do processo erosivo.

MATERIAL E MÉTODOS

Área experimental

O estudo foi conduzido em um talude de estrada com declividade média de 85%, localizado na Fazenda São Silvestre, pertencente à Votorantim Celulose e Papel, no Município de Jacareí, Estado de São Paulo. As coordenadas

são 23°26' de latitude Sul e 46°01' de longitude Oeste. A altitude média é de 720 m.

Segundo a classificação de Köppen, a área compreende o tipo climático Cwa, que corresponde ao clima temperado de inverno seco

e verão chuvoso (Villa Nova et al., 1986). Durante o período experimental, correspondente a 12 meses (de janeiro a dezembro de 1999), a precipitação total foi de 1122,5 mm.

O solo da área experimental pertence à classe do Podzólico Vermelho-Amarelo, formado a partir de sedimentos argilosos. Este tipo de solo é moderadamente drenado, devido à sua baixa permeabilidade, sendo ácido a medianamente ácido com saturação de bases baixa.

Metodologia

Os tratamentos empregados foram os seguintes: (1) Tratamento A: solo desnudo (testemunha); (2) Tratamento B: solo coberto com placas de grama “Batatais” (*Paspalum notatum* Flügge); (3) Tratamento C: solo coberto com 10 cm de casca de *Eucalyptus* spp. picada (resíduo da indústria de celulose e papel) e (4) Tratamento D: solo coberto com tela de material orgânico impregnada com sementes de gramíneas e leguminosas.

O experimento foi realizado em 5 blocos ao acaso, a fim de minimizar a variação devida à locação de parcelas ao longo da estrada. As parcelas tinham 3,5 x 2,0 m e estavam locadas com a maior extensão no sentido do comprimento do declive. Cada parcela teve seus limites demarcados com tábuas de madeira, de 30 cm de altura, com a calha de coleta conectada por tubos de PVC de 100 mm de diâmetro a recipientes de armazenagem (baldes plásticos de 100 litros).

As quantidades de sementes utilizadas por parcela foram 175 g de gramíneas - braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf) e capim gordura (*Melinis minutiflora* Beauv.) e 10,5 g de leguminosas – feijão guandu (*Cajanus cajan*) e soja perene (*Neonotonia wightii*).

Avaliou-se, mensalmente, a taxa de cobertura das parcelas, dividindo-as em quadrados de 0,5 m de lado e avaliando-se a cobertura de cada um. Foi considerado suficientemente coberto o

quadrado com mais de 50% de cobertura, extrapolando-se para a área total da parcela.

As coletas de material foram feitas de acordo com a periodicidade das chuvas. Primeiramente coletava-se e media-se o volume de toda a água que estava dentro do recipiente, para depois retirar uma amostra de 1 litro, que era levada para as análises laboratoriais. Os sedimentos depositados no fundo do recipiente foram coletados para o cálculo da quantidade de sedimentos pesados.

A concentração de sedimentos em suspensão foi obtida de uma alíquota de 300 ml de amostra, a qual era filtrada, utilizando-se membrana em éster de celulose com poros de 0,45 mm, previamente seca em estufa a 105°C durante 24 horas e pesada em uma balança analítica. Após a filtragem, a membrana era seca em estufa e pesada do mesmo modo que anteriormente. A perda de solo proveniente dos sedimentos em suspensão foi calculada através da seguinte fórmula:

$$C_s = (P_f - P_i) \times 3333,3$$

onde,

C_s = concentração de sedimentos em suspensão (mg/l);

P_f = peso da membrana incluindo os sedimentos (g);

P_i = peso da membrana (g).

Os sedimentos depositados no fundo do recipiente (os chamados sedimentos pesados) foram determinados através da secagem em estufa a 100°C durante 24 horas e posterior pesagem. Houve recipientes onde a quantidade destes sedimentos não era suficiente para ser mensurada, especialmente nos tratamentos B, C e D.

A perda total de solo por erosão nos taludes foi calculada a partir da soma da concentração de sedimentos em suspensão com a quantidade de sedimentos pesados em cada tratamento.

RESULTADOS

Deve ser ressaltado que o tratamento D (tela vegetal) foi instalado no mês de março / 1999, assim, não existem dados para este tratamento nas seis primeiras coletas.

Taxa de cobertura dos tratamentos

Os tratamentos casca e tela vegetal apresentaram taxa de recobrimento máxima em todas as avaliações, ao contrário da grama. Nota-se que a partir do mês de junho, quando a taxa de cobertura deste tratamento atingiu 95% (considerada um ótimo índice de cobertura do terreno para a grama “Batatais”, de acordo com DERSA, 1975), a produção de sedimentos mostrou uma estabilização em valores, que variaram entre 0,03 e 0,14 t/ha.

Produção de sedimentos

Observando-se a Tabela 1 percebe-se que a quantidade total de sedimentos produzida no tra-

tamento A (testemunha) foi superior aos outros tratamentos. Nota-se que aproximadamente 87% da produção de sedimentos da parcela descoberta ocorreram nos dois primeiros meses do experimento (até a coleta 6).

Entre as coberturas analisadas, a grama apresentou maior produção de sedimentos. Neste caso também a maior parte dos sedimentos (aproximadamente 83%) foi produzida nos dois primeiros meses do experimento, quando a grama ainda não havia coberto satisfatoriamente a área da parcela. Levando-se em consideração apenas a perda de sedimentos do dia dois de março em diante, quando todos os tratamentos haviam sido instalados, a tela vegetal apresentou os maiores valores entre as coberturas estudadas. A casca levou vantagem sobre os demais em ambas as situações, pois reduziu a produção de sedimentos, comparativamente à testemunha, em 92,5%, em média. Grama e tela vegetal reduziram em 69,3% e 54,1%, respectivamente.

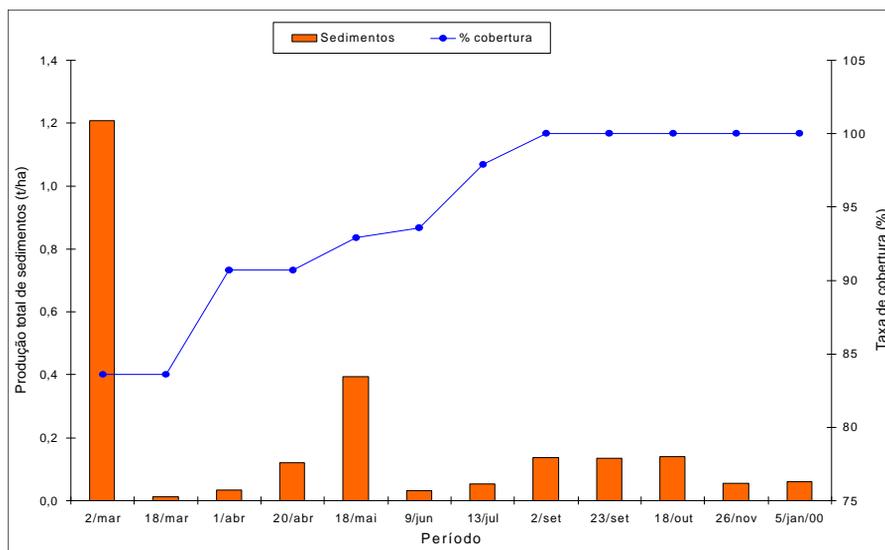


Figura 1. Comparação entre a taxa de cobertura e a produção de sedimentos para o Tratamento B (grama).

(Comparison between tax cover and sediment production in Treatment B (grass)).

Foram feitas duas análises estatísticas, uma considerando-se somente os dados obtidos após o mês de março / 1999 e outra com todos os valores obtidos no experimento, excetuando-se o Tratamento D. Em ambas só houve diferença significativa entre a testemunha e os demais tratamentos, sendo que estes não diferiram entre si, com 95% de probabilidade.

Foi necessária a colocação de estacas de bambu para manter a grama e a casca fixas no talude e grampos de fixação na tela vegetal, devido à declividade elevada do local do experimento. Recomenda-se a utilização destes materiais no caso de, futuramente, algum destes tratamentos ser empregado em áreas muito declivosas.

No caso da casca de eucalipto picada, recomenda-se a redução da espessura de 10 para 5 cm e a adição de sementes de gramíneas e leguminosas, para que após a degradação da casca a área permaneça coberta, agora com vegetação. Além disso, com a utilização deste expediente, economiza-se na quantidade de material, tornando possível a cobertura do dobro da área com a mesma quantidade de casca empregada anteriormente.

No tratamento onde a cobertura usada foi a tela vegetal, a recomendação é que se utilize somente uma camada do material. Neste experimento foram colocadas duas camadas de tela porque, com a colocação de apenas uma, grande parte do solo da parcela permanecia exposto, e avaliou-se que a proteção contra a erosão não seria suficiente. Isto, aliado ao fato da precipitação ocorrida após a aplicação das sementes de gramíneas e leguminosas ter sido baixa, fez com que as sementes germinassem menos do que era esperado.

Avaliação econômica

Instalação dos tratamentos em uma área de 1 ha a uma distância de 20 km

Os custos da grama e da tela vegetal são, respectivamente, R\$ 3,00/m² e R\$ 4,00/m², incluindo o custo da mão-de-obra. O custo do transporte da casca da fábrica ao local do experimento corresponde a R\$ 1,10/km rodado/caminhão. Como será necessária a utilização de 1000 m³ de casca (camada de 10 cm de espessura) e os caminhões empregados no transporte possuem uma capacidade de 12 m³, conclui-se que o custo total será de R\$ 3.696,00. Sendo a casca uma cobertura nova, utilizou-se a grama "Batatais" como referência para o cálculo do custo da mão-de-obra empregada para sua instalação em locais declivosos, que corresponde a R\$ 2,70/m². Somando-se este valor ao custo de transporte do material (R\$ 0,37/m²), chega-

Tabela 1. Produção total de sedimentos em t/ha.

(Total sediment production in t/ha).

Produção total de sedimentos (t/ha)				
Período	Testemunha	Grama	Casca	Tela
1 - 21 Jan/99	7,09	0,24	0,16	-
21 Jan - 2 Fev	3,19	2,96	0,01	-
2 - 8 Fev	16,55	0,53	0,02	-
8 - 12 Fev	11,86	0,68	0,03	-
12 - 23 Fev	3,48	0,85	0,31	-
23 Fev - 2 Mar	4,18	1,15	0,06	-
2 - 18 Mar	0,14	0,01	0,01	0,10
18 Mar - 1 Abr	1,47	0,03	0,02	0,10
1 - 20 Abr	0,08	0,12	0,04	0,10
20 Abr - 18 Mai	0,63	0,39	0,04	0,55
18 Mai - 9 Jun	0,14	0,03	0,01	0,02
9 Jun - 13 Jul	0,31	0,05	0,04	0,10
13 Jul - 2 Set	0,42	0,14	0,07	0,40
2 - 23 Set	1,24	0,13	0,02	0,20
23 Set - 18 Out	0,47	0,14	0,02	0,20
18 Out - 26 Nov	0,56	0,06	0,02	0,40
26 Nov - 5 Jan/00	1,26	0,15	0,10	0,10
Subtotal*	6,72	1,25	0,39	2,27
Total	53,07	7,66	0,98	2,27

* Refere-se à soma dos sedimentos produzidos somente nas coletas onde todos os tratamentos estavam presentes.

se à conclusão de que o custo total da casca é de R\$ 3,07/m².

Percebe-se que a grama e casca possuem custos próximos e menores do que o da tela vegetal, correspondendo, respectivamente, a 75% e 76% do custo da tela. Como o custo de construção de uma estrada florestal na região de Jacareí é de R\$ 4.000,00/km, é possível calcu-

lar o aumento neste custo representado pelas coberturas do solo. Considerando uma estrada de 1 km de extensão com um talude de 2 m de largura e uma declividade de aproximadamente 85%, tem-se que a grama, a casca e a tela elevam o custo de construção da estrada em, respectivamente, 150%, 153,5% e 200%.

CONCLUSÕES

Como não houve diferença estatística significativa, os três tipos de cobertura do solo utilizados podem ser considerados eficientes no controle da erosão em taludes de estradas florestais, se comparados com o tratamento testemunha.

Assim, para decidir qual das coberturas do solo deve ser utilizada em uma área em particular, deve-se analisar a avaliação econômica e a facilidade de instalação.

A grama "Batatais" é de fácil instalação, proporciona uma boa redução na produção de sedimentos e possui o menor custo entre as coberturas analisadas. Sua desvantagem é a demora no estabelecimento.

A desvantagem da casca é a dificuldade na instalação, especialmente em locais declivosos.

Seu custo é próximo ao da grama, devido principalmente à mão-de-obra, pois o material em si, no caso das indústrias de papel e celulose, não apresenta custo, por ser um resíduo da produção.

A tela vegetal foi a cobertura de mais fácil instalação, mas seu custo é o maior e a redução na perda de sedimentos, a menor entre os tratamentos analisados.

Os resultados obtidos neste trabalho, em taludes de estradas florestais, demonstraram que coberturas orgânicas são eficientes para coibir a perda de solo por erosão, reforçando a necessidade de manutenção da casca e de outros resíduos no terreno, principalmente em locais declivosos.

AUTORES E AGRADECIMENTOS

CINTIA RODRIGUES DE SOUZA é Mestre em Ciências Florestais pelo Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP. E-mail: cintia75@bol.com.br

FERNANDO SEIXAS é Professor Associado do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP. Caixa Postal 9 –

13418-900 – Piracicaba, SP. E-mail: fseixas@esalq.usp.br

Os autores agradecem à companhia Votorantim Celulose e Papel por todo o apoio e viabilização do projeto e à FAPESP pela concessão de bolsa de mestrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASKEN, G.R.; WILLIAMS, T.M. Sediment concentrations from intensively prepared wetland sites. **Southern journal of applied forestry**, v.8, n.3, p.152-157, 1984.

DERSA – DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Manual de revestimento vegetal rodoviário**. São Paulo, 1975. 130p.

- FAO. **Watershed management field manual: road design and construction in sensitive watersheds**. Roma: 1989. 218p.
- GRACE III, J.M.; WILHOIT, J.; RUMMER, R.; STOKES, B. Surface erosion control techniques on newly constructed forest roads. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, Phoenix, 1996. **Proceedings**. Phoenix, 1996. 14p.
- GREY, D.C. Principles and elements of monitoring in mountain catchment areas: soils and erosion. **South African forestry journal**, n.144, p.47-51, 1988.
- KIDD, W.J.; MEGAHAN, W.F. Effect of logging roads on sediment production rates in the Idaho batholith. **USDA. Forest Service. INT research paper**, n.123, p.1-14, 1972.
- LIMA, W.P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: ESALQ/USP/ Departamento de Ciências Florestais, 1996. 318p.
- MACHADO, C.C.; SOUZA, A.P. Impacto ambiental das estradas florestais no ecossistema: causas e controle. **Boletim técnico. SIF**, n.1, p.1-12, 1990.
- MEGAHAN, W.F. Reducing erosional impacts of roads. In: FAO. **Conservation guide: guidelines for watershed management**. Roma: FAO, 1977. cap.14, p.237-261.
- NEARY, D.G.; HORNBECK, J.W. Impacts of harvesting and associated practices on off-site environmental quality. In: NEARY, D.G.; HORNBECK, J.W. **Impacts of forest harvesting on long-term site productivity**. Londres: Chapman and Hall, 1994. cap.4, p.81-119.
- PATRIC, J.H.; BRINK, L.K. Soil erosion and its control in the eastern forest. In: NATIONAL CONFERENCE ON SOIL EROSION: PREDICTION AND CONTROL, Ankeny, 1977. **Proceedings**. Ankeny: SCSA, 1977. p.362-368
- ROBICHAUD, P.R.; FOLTZ, R.B.; BURROUGHS JR, E.R. United States Forest Service research on sediment production from forest roads and timber harvest areas. In: WORLD FORESTRY CONGRESS, 10, Paris, 1991. **Proceedings**. Paris: 1991. v.2, p.187-193.
- SEIXAS, F. **Mecanização e exploração florestal**. Piracicaba: ESALQ/USP/ Departamento de Ciências Florestais, 1988. 186p.
- VILLA NOVA, N.A.; SANTOS, J.M.; ANGELOCCI, L.R.; OMETTO, J.C. **Agrometeorologia**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1986. 110p.
- VITAL, A.R.T. **Efeito do corte raso no balanço hídrico e na ciclagem de nutrientes em uma microbacia reflorestada com eucalipto**. Piracicaba, 1996. 106 p. Tese (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

