

EROSÃO SUPERFICIAL HÍDRICA EM UM TALUDE DE CORTE EM SOLO RESIDUAL DE BASALTO

Superficial water erosion in a slope of cut in the basalt residual soil

José Luís Rodríguez Brochero^a, Naudieli Baldissera^a

^a Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga, Colombia

RESUMO – Taludes em corte, sem medidas necessárias para sua estabilização, representam riscos ambientais que podem afetar as pessoas e infraestrutura em seu entorno. Entre as medidas adotadas na prática, encontram-se tratamentos que usam vegetação, fornecendo proteção contra os agentes erosivos, assim como maior estabilidade contra escorregamentos superficiais do talude. A presente pesquisa teve como principal objetivo avaliar o comportamento de diferentes alternativas utilizadas no controle da erosão superficial hídrica de um talude em corte num solo residual de basalto. Foram aplicados três tratamentos ao talude, como: Placas de grama; Placas de grama armada; Geomanta MacMat® usando sementes da região. Neste caso particular, encontrou-se que todos os tratamentos foram eficientes no controle da erosão do talude, sendo que as placas de grama e as placas de grama armada demonstraram maior eficiência ao longo do tempo, enquanto a geomanta começou a mostrar-se igualmente eficiente após 134 dias de sua instalação.

SYNOPSIS – Cut slopes, without measures necessary for their stabilization, represent environmental risks that can affect the people and infrastructure in their surroundings. Among the measures adopted in practice are treatments that use vegetation, providing protection against erosive agents, as well as greater stability against slope surface slip. The present study had as main objective to evaluate the behaviour of different alternatives used in the control of the superficial water erosion of a cut slope in a basalt residual soil. Three treatments were applied to the slope, such as: Grass rolls; Armed grass rolls; MacMat® Geogrid using seeds from the region. In this particular case, it was found that all treatments were efficient in the control of slope erosion, with grass rolls and armed grass rolls demonstrated greater efficiency over time, while the geogrid began to be equally efficient after 134 days of its installation.

Palavras Chave – Erosão superficial, talude de corte, geomanta, placa de grama.

Keywords – Superficial erosion, cut slope, geogrid, grass rolls.

1 INTRODUÇÃO

Trabalhos de movimentação de terra que criam taludes íngremes e desprovidos de vegetação são uma das principais causas da desagregação da superfície do solo (Fernandes, 2004). Essa desagregação ocorre, principalmente, devido ao fato do solo ficar exposto aos agentes externos causadores dos processos erosivos como o clima, a topografia, o solo e a cobertura vegetal (GSWCC, 2014).

A chuva é um dos fatores climáticos que causa maior grau de erosão em solos, sendo que a intensidade, duração e frequência são determinantes no processo erosivo (Bertoni e Lombardi Neto, 2005). Um dos agentes principais é a precipitação, que provoca a erosão hídrica do solo através da ação erosiva causada pelo impacto das gotas de chuva e pelo escoamento superficial gerado (Da Silva, 2008; Casarin, 2008). Quando as gotas da água chuva impactam a superfície do solo sem

E-mails: joseluis.rb85@gmail.com (J. Brochero), bnaudi@hotmail.com (N. Baldissera)

revestimento, estas desagregam e soltam as partículas minerais superficiais. Posteriormente, estas gotas de água formam finos canais que escoam talude abaixo junto com as partículas soltas. Este fenómeno é conhecido como de erosão pluvial (Queiroz, 2009). Segundo Casarin (2008) prévio ao escoamento superficial da água sobre o terreno, ocorre a saturação da superfície do mesmo quando a intensidade de precipitação ultrapassa a velocidade de infiltração, ou quando o solo não tiver mais a capacidade de acumular água. Uma vez iniciado o escoamento da água sob a superfície do terreno, esta, no seu percurso pode ser capaz de transportar materiais do solo através da força de seu fluxo, podendo acontecer, por exemplo, a erosão laminar e a erosão linear.

A erosão laminar ocorre no início do escoamento superficial, quando a água desce encosta abaixo provocando um escoamento laminar, removendo o solo presente na superfície (Guerra, 2007), enquanto que na erosão linear ocorre em forma de canais paralelos, sendo mais frequentes em taludes de maior declividade (Carvalho, 1991; Seutloali e Beckedahl, 2015).

A aplicação de uma cobertura é uma das formas mais eficientes de amenizar os problemas de erosão (Souza e Seixas, 2001; Norris et al, 2008), formando uma cobertura que intercepta a água chuva desde a implantação e impede o arrasto das partículas do solo, bem como destruição de sua estrutura. Esta forma de revestimento proporciona maior infiltração da água devido ao aumento da porosidade, diminuindo a velocidade de escoamento pelo atrito que proporciona a superfície e faz o travamento do solo pelas raízes ou pela matéria orgânica que estrutura e aglutina as partículas (Bertoni e Lombardi Neto, 2005; Castro, 2007; Da Silva, 2008; Ding e Li, 2016).

Existe uma grande variedade de materiais que podem ser utilizados com a vegetação, destacando-se as geomantas sintéticas, assim como também geomantas de fibras naturais. Entre as técnicas tradicionais muito utilizadas em revestimentos de taludes rodoviários estão as placas de grama caracterizadas por oferecer proteção imediata contra erosão pluvial.

Segundo Gerscovich (2013) as raízes da vegetação de forma geral fornecem proteção ao solo contra diversos efeitos climáticos, aumentando a resistência e aumentando a estabilidade das encostas. Este aumento da estabilidade pode ser causado por diversos aspetos como: O sistema radicular cria um caminho preferencial de infiltração das águas, fazendo com que as poropressões sejam dissipadas mais rapidamente; as raízes absorvem parte da água infiltrada e a expõem para atmosfera por evapotranspiração e; as raízes podem fornecer resistência ao cisalhamento adicional ao solo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A seguir serão mostrados elementos pertinentes ao desenvolvimento da pesquisa, como sejam a localização, as características geológica-geotécnicas do local de estudo, bem como os materiais e métodos empregados no decorrer do estudo.

2.1 Localização e características da área de estudo

O talude de corte encontra-se localizado na cidade de Campinas do Sul, no norte do Estado do Rio Grande do Sul - Brasil. A região pertence à zona climática definida como Cfa, segundo a classificação do clima de Köppen. Esse tipo climático se caracteriza por ser de clima subtropical, que corresponde às regiões onde as temperaturas médias do mês mais quente estão em torno de 22°C, podendo chegar até 36°C e no mês mais frio entre - 3°C a 18°C. A umidade relativa varia entre 70% e 85%, que correspondem, respetivamente ao verão e ao inverno (Sartori, 2003).

Em termos geológicos, Campinas do Sul encontra-se localizada na província do planalto basáltico que forma uma sucessão de pacotes de rochas vulcânicas tais como basaltos e riolitos (Streck et al, 2008). Segundo o IBGE (2019) está região é caracterizada por solos denominados Latossolo Roxo álico - LRa (Latossolo vermelho), possuindo textura muito argilosa e relevo suave ondulado.

Para preparação do talude, regularizou-se a superfície do talude de corte utilizando inicialmente uma máquina retroescavadeira e posteriormente, de forma manual, nivelando os sulcos deixados pela máquina. Isto permite a adequada instalação tanto das placas de grama como da geomanta. Após a regularização, caracterizou-se a geometria do talude, o qual apresentou uma inclinação de 36,4%. Assim também, construiu-se a drenagem na parte superior do talude, através de uma vala de dimensões 30cm x 30cm, para drenar a água advinda da parte superior (Figura 1).



Fig. 1 – Disposição das faixas com tratamentos

2.2 Materiais utilizados

Para estudar diferentes tratamentos, foram criadas quatro faixas na superfície do talude, cada uma com 2,00 m de largura e 4,50 m de comprimento, conforme a Figura 2.

2.2.1 Coletores de solo erodido

Na porção inferior de cada parcela, instalou-se um sistema coletor composto por uma calha e um balde. A função do coletor foi colher o solo erodido, deixando passar a água, visando comparar a eficiência dos tratamentos aplicados. Cada faixa de estudo foi nomeada com um número, conforme a disposição das calhas assim:

- Faixa 1: solo sem tratamento ou exposto.
- Faixa 2: método de placa de grama.
- Faixa 3: método de grama armada.
- Faixa 4: método da geomanta MacMat®

A primeira faixa ficou designada para uma parcela de solo sem tratamento, que servirá para comparar a eficiência dos tratamentos aplicados.

Construiu-se a calha, conforme usado por Fernandes (2004), em folha de zinco com 80 cm de largura e 90 cm de comprimento. As bordas laterais foram feitas com 10 cm, dobradas em 90° para cima e a borda da extremidade superior com 2 cm, também em 90°, porém, dobrada para baixo e

inseridas no solo. Para fixar as calhas, optou-se pela utilização de pregos, sendo estes inseridos nos locais indicados com um “x” na Figura 3.

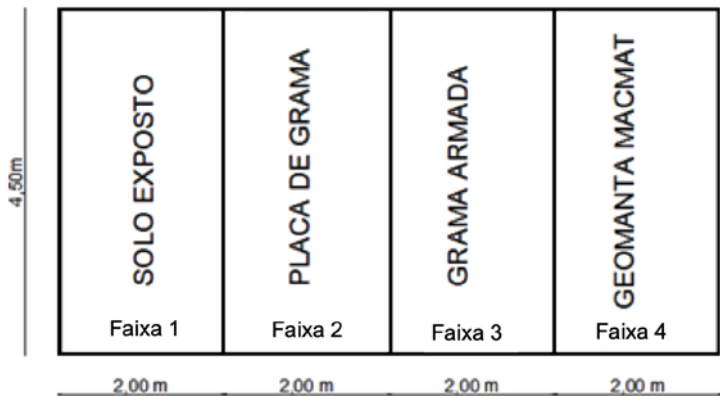


Fig. 2 – Disposição das faixas com tratamentos

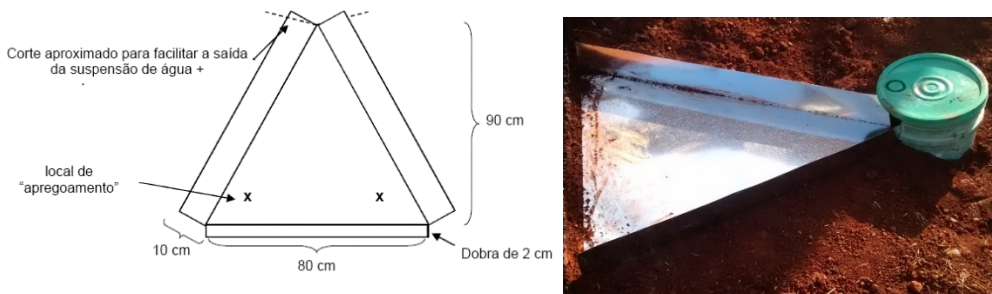


Fig. 3 – Esquema de calha coletora (adaptado de: Fernandes, 2004).

O balde utilizado é de plástico e comporta 20 litros. No fundo, foram realizados furos, impedindo que a água se acumule no balde e o mesmo transborde. Para que somente o material sólido seja interceptado, foi utilizado um tecido que funcionava como peneira, fazendo a cobertura de toda a superfície perfurada. Em cada balde abriu-se um orifício, nele foi feito o encaixe da extremidade inferior da calha, criando uma ligação entre os dois elementos. Os baldes foram fixados no pé do talude através de valas, para não haver risco de deslocamento em dias com chuva muito intensa e ventos fortes. No fundo da vala adicionou-se uma camada de areia, para que a água que saísse através dos furos dos baldes conseguisse percolar com facilidade no solo.

2.2.2 Seleção de vegetação

Conforme as necessidades do projeto foram selecionadas sementes de leguminosas e gramíneas adaptadas tanto ao clima da região, como a locais de maior inclinação, que apresentaram crescimento vigoroso. As espécies vegetais escolhidas foram selecionadas considerando a época de semeadura. Os tratamentos foram aplicados no mês de maio, portanto, tanto as sementes como as placas de grama deviam resistir a temperaturas baixas durante o período de germinação e enraizamento consecutivamente.

A quantidade de sementes foi estabelecida através de informações disponibilizadas pela EMBRAPA (2012), considerando o plantio consorciado: Trevo branco: 2 kg/ha; Festuca: 10 a 15 kg/ha e; Pensacola: 15 a 20 kg/ha

As sementes empregadas no experimento foram cedidas pela empresa PGW sementes de Porto Alegre – RS. O consórcio adotado para usar na geomanta foi composto pela junção de sementes de pensacola, trevo branco e festuca.

No caso das placas de grama, a seleção da espécie a ser usada considerou a orientação dos fornecedores da região. A mesma foi adquirida através de um produtor rural, com propriedade localizada nas proximidades do local de estudo. Todas as placas possuíam as dimensões de 20cm x 60cm. A grama esmeralda foi escolhida para as placas de grama por se adaptar bem a regiões com alta declividade, e ser comumente utilizada em contenção de taludes.

2.2.3 Geomanta MacMat®

A Geomanta MacMat® 10.1 foi disponibilizada pela empresa Maccaferri do Brasil em forma de rolo. A geomanta é flexível e tridimensional que apresenta mais de 90% de vazios, fabricada a partir de filamentos grossos de polipropileno ligados nos pontos de contato.

2.3 Instalação dos tratamentos

A seguir são mostrados detalhes da instalação dos tratamentos nas faixas estudadas. Para a construção da parcela de placas de grama, grama armada e geomanta, previamente foi adubado o local, aplicando porções de 300g/m² de calcário.

2.3.1 Solo exposto

A primeira parcela de solo sem tratamento serviu como referência para as análises dos resultados quanto à eficiência dos tratamentos planejados na pesquisa.

2.3.2 Placa de Grama

As placas foram colocadas sobre a superfície na faixa correspondente. Lançou-se uma porção de terra sobre a grama, conforme orientação do fornecedor, para ajudar na retenção de umidade e acelerar o processo de brotação conforme a Figura 4.

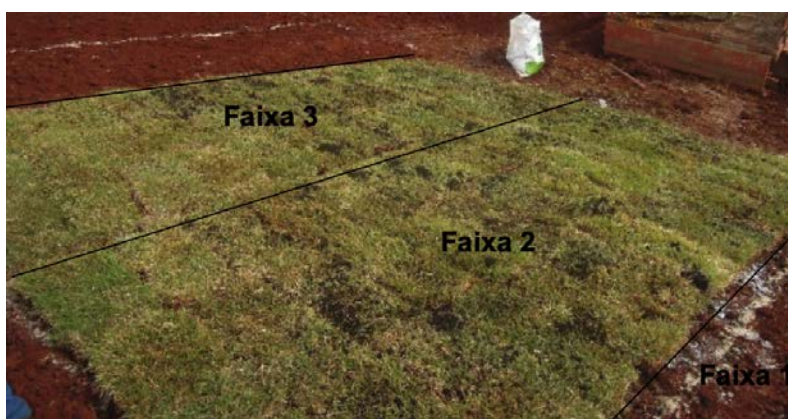


Fig. 4 – Aplicação das placas de grama

2.3.3 Placa de grama armada

O processo de aplicação seguiu o mesmo esquema do método de placa de grama, porém, houve a fixação adicional de uma tela de polipropileno na superfície do revestimento (Figura 5).



Fig. 5 – Grama armada

A fixação da tela ocorreu através da utilização de grampos de aço de bitola 4.2mm, com 45 cm de comprimento, dobrados ao meio. O espaçamento entre grampos foi calculado conforme a inclinação do talude, seguindo as indicações para a Geomanta MacMat® dadas no manual da Maccaferri (2007).

2.3.4 Geomanta MacMat®

A instalação da Geomanta foi realizada seguindo as indicações para a Geomanta MacMat® dadas no manual da Maccaferri (2007). A semeadura foi feita de forma manual, lançando as sementes sobre a geomanta. Após esse processo, uma camada de 1 cm de solo fértil, com adição de adubo, foi disposta sobre o material (Figura 6).



Fig. 6 – Execução da camada de cobertura da geomanta MacMat®

2.4 Medição da erosão

Após instalação dos tratamentos junto com o sistema de coletores no dia 25 de maio de 2016, deu-se início à recolha de dados referentes à quantidade de solo erodido em relação às precipitações ocorridas durante o período de estudo de 146 dias. As precipitações foram anotadas informando a data correspondente. Em algumas ocasiões as chuvas foram de baixa intensidade, mas com períodos prolongados, com durações maiores de 24 horas ininterrompidas. Nos casos mencionados

anteriormente, precipitação foi registada após cessarem as chuvas, sendo também coletado o solo erodido. Ressalta-se que valores de precipitação similares puderam resultar em valores de erosão muito diferentes devido a essa diferença de intensidade, sendo que algumas das precipitações medidas ocorreram em unas poucas horas e outras em vários dias. A precipitação foi medida em milímetros, utilizando um pluviômetro que ficou posicionado em um poste a 1,5 metros do chão em local de incidência direta de chuva (sem interferência de árvores). Este foi colocado para secagem e posteriormente pesado. A massa resultante dessa pesagem foi considerada a quantidade de solo erodido em cada parcela.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No quadro um, são apresentados os resultados tanto das precipitações como do solo erodido coletado durante o período de 146 dias. Em geral, a vegetação apresentou bons resultados. Quinze dias após a sementeira, verificou-se a germinação na geomanta e as placas de grama se mantiveram verdes e com bom aspeto (Figura 7). Após 15 dias, houve a ocorrência de geadas, pelo período de cinco dias, devido as baixas temperaturas. Esse fato prejudicou muito o desenvolvimento das placas de grama e afetou razoavelmente a vegetação semeada na geomanta, onde as placas de grama ficaram amareladas e sem vida (Figura 8).

Setenta dias após implantação dos tratamentos, as placas de grama mostraram-se revigoradas e com uma cor mais viva, iniciando a volta a sua tonalidade natural. A faixa de grama armada demonstrou um verde mais vigoroso do que a faixa de placas de grama, indicando que a presença da tela é favorável ao desenvolvimento das placas, que provavelmente se deve à melhor fixação da grama ao solo (Figura 9). Na faixa de geomanta, a combinação entre as sementes de trevo branco e festuca apresentou bons resultados, cobrindo boa parte do solo, apesar de não ocorrer a germinação das sementes de pensacola. Cento quarenta e seis dias depois, os três tratamentos se desenvolveram e permaneceram protegendo a superfície do solo, onde as placas de grama conseguiram se fixar ao solo, sendo menos vulneráveis ao deslocamento (Figura 10).

Quadro 1 – Resultados do solo erodido e precipitação

Dia	Precipitação (mm)	Solo erodido (g)			
		Solo sem tratamento	Placa de Grama	Grama armada	Geomanta MacMat®
23	35	160	15	5	85
43	35	270	5	5	60
51	81	200	55	50	100
82	66	135	40	30	45
88	73	280	45	35	60
103	76	140	20	15	20
134	62	100	15	10	15
140	65	150	30	15	15
146	139	2340	200	125	180
Total (g):		3775	425	290	580

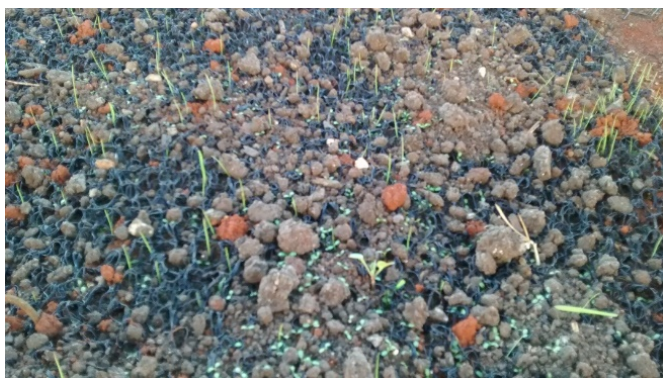


Fig. 7 – Desenvolvimento da vegetação na geomanta, 14 dias

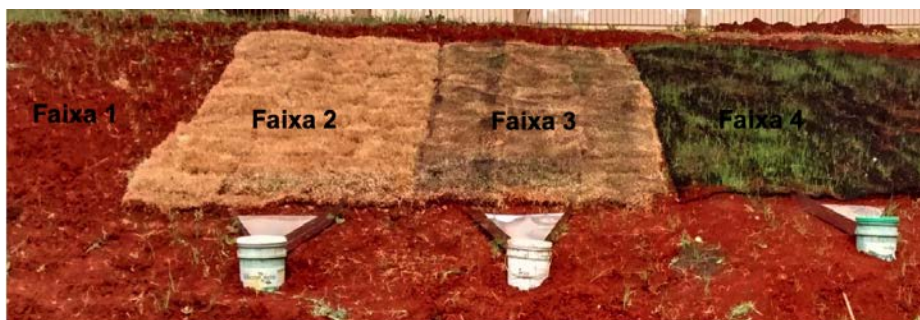


Fig. 8 – Geadas, 21 dias depois da implantação

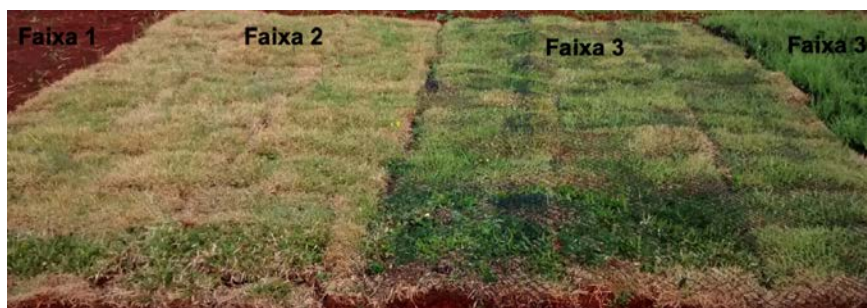


Fig. 9 – Tratamentos placas de grama após 84 dias

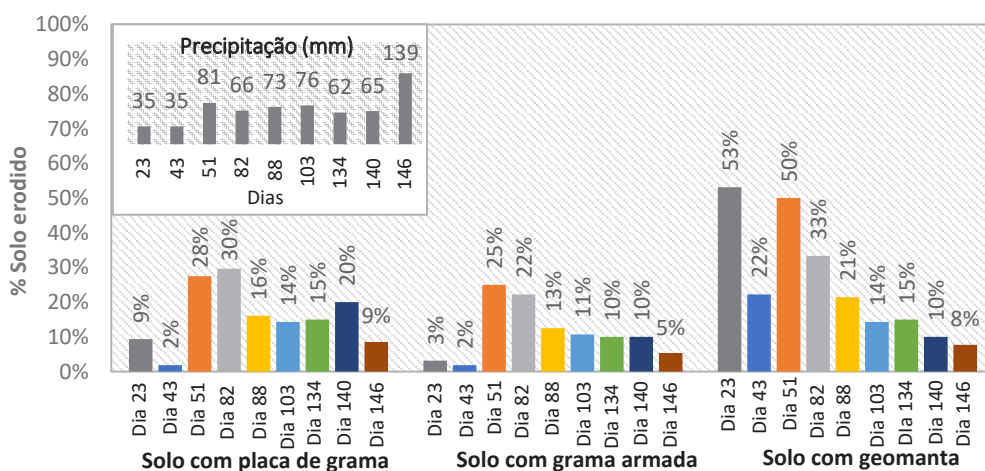


Fig. 10 – Tratamentos após 147 dias

Para a faixa 1 (solo sem tratamento), obteve-se sempre, em todas as precipitações, a maior quantidade de solo erodido (Quadro 1). Em todas as precipitações, houve a ocorrência de erosão laminar, em nenhuma delas ocorreu erosão linear. O fato anterior era esperado já que a erosão linear é apresentada, principalmente em taludes com inclinações mais íngremes (Carvalho, 1991; Seutloali e Beckedahl, 2015). Observa-se que o monitoramento começou no dia 25 de Maio de 2016, sendo que a primeira chuva foi registrada vinte e três dias depois, tendo um espaço importante para o estabelecimento tanto das placas de grama como para a germinação das sementes na geomanta.

Conforme a Figura 11 pôde-se observar a percentagem de solo erodido em relação à faixa sem revestimento para cada uma das parcelas com os tratamentos estudados. As faixas 2 e 3, utilizadas para coletar a erosão produzidas nas faixas de placas de grama e grama armada, mostraram percentagens de perda de solo entre 2% e 30% respectivamente. O fato anterior já era esperado, pois, o solo estava revestido totalmente desde o início das medições (Bertoni e Lombardi Neto, 2005; Castro, 2007; Da Silva, 2008). A faixa 4 tratada com geomanta e sementes, na primeira coleta, 24 dias após o início, obteve-se uma diminuição da erosão do 47% em relação à parcela de solo sem tratamento, sendo que as sementes ainda estavam germinando. Porém, esta erosão ainda é representativa se comparada com as parcelas de placa de grama e placa de grama armada onde se obtiveram reduções da erosão de 91% e 97% respectivamente. Esta tendência foi diminuindo com o estabelecimento da vegetação implantada com a geomanta, onde a partir da sexta coleta, 103 dias após a aplicação dos tratamentos, obteve-se valores de erosão da ordem do 14% em relação à parcela de solo sem tratamento, igualando o coletado na parcela de placa de grama e sendo 3% maior ao coletado na parcela de placa de grama armada. Na parcela da geomanta nota-se uma convergência para valores de erosão similares aos coletados na parcela de placa de grama armada.

Após 140 dias, ocorreu o deslocamento de uma placa de grama, faixa 2, localizada mais na base da faixa, devido à precipitação de 65 mm que incidiu no local, obtendo-se diferenças significativas respeito à faixa não tratada. Sendo 20% para placa de grama e 10% para a faixa de placa armada e geomanta. O fato anterior evidenciou que as placas ainda não haviam fixado completamente as raízes ao solo.



Nota: O talude foi preparado no dia 25/05/2016, da mesma forma que os tratamentos estudados

Fig. 11 – Comparação entre os tratamentos

Na Figura 12 mostra-se a eficiência dos três tratamentos ao longo do período de estudo. Tanto a placa de grama como a placa de grama armada se mostraram eficientes durante todo o monitoramento, apresentando percentagens de eficiência que variam entre 70% e 98% em relação à

parcela de solo exposto. Estes resultados sempre foram melhores para a parcela da placa de grama armada tendo diferenças de até 10% em relação à placa de grama. Analisando a parcela da geomanta com as sementes, observa-se melhoria ao passar do tempo, com eficiências da ordem de 47% no início das coletas a eficiências de até 92% no final do experimento.

Observa-se que a última precipitação medida no dia 146, com 139mm, foi a maior registrada. É sabido que maiores precipitações geram maiores quantidades de solo erodido, porém, ressaltasse que a eficiência dos tratamentos foi acima do 90%. O fato anterior demonstra que maiores precipitações não necessariamente significam perda da efetividade do revestimento e que como mostrado por Ding e Li (2016), a maior percentagem de vegetação menor velocidade de escoamento superficial da água e, portanto, maior eficiência no controle da erosão por escoamento superficial da água.

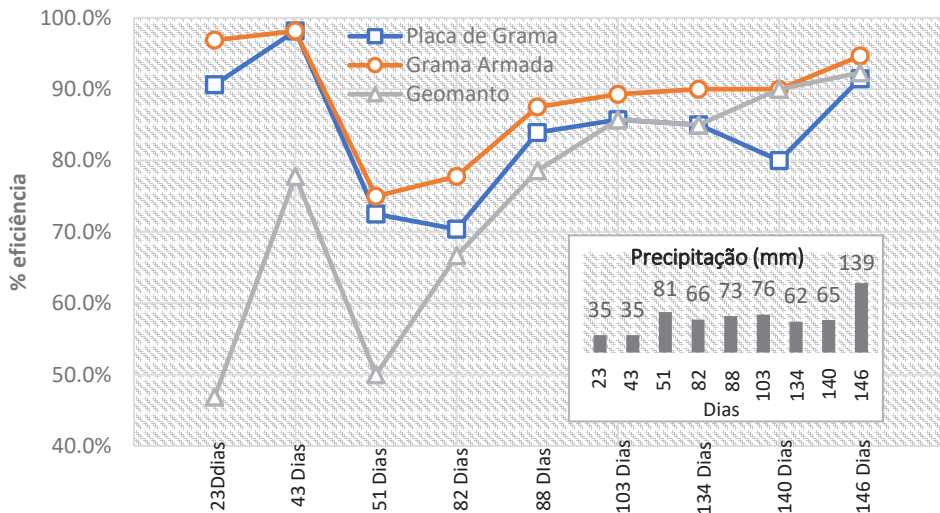


Fig. 12 – Eficiência dos tratamentos

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No momento da implantação de tratamentos que usam vegetação tais como placas de grama ou geomantas em consórcio com sementes, deve-se conhecer a melhor época para uso da vegetação escolhida. O fato anterior deve considerar as temperaturas e precipitações que poderão ocorrer durante o período de desenvolvimento ou enraizamento ao solo, visando garantir maior proteção ao mesmo.

Os três tratamentos estudados demonstraram melhoria com redução significativa da erosão hídrica acontecida num solo exposto o sem tratamento, chegando a reduzir até 98% do solo erodido. Após o seu desenvolvimento ou enraizamento pode garantir uma melhor estabilidade fornecida pela densidade das raízes da vegetação presente.

A eficiência do tratamento da geomanta em consórcio com sementes irá depender principalmente do tempo de germinação e desenvolvimento das mesmas, o que finalmente subsidiará à menor perda de solo por erosão hídrica.

A faixa de grama armada apresentou um verde mais vigoroso do que a faixa de placas de grama, indicando que a presença da tela é favorável ao desenvolvimento das placas, devendo-se provavelmente à melhor fixação da grama ao solo.

A quantidade de precipitação parece não ter relação com a percentagem de eficiência do tratamento usado, já que esta não houve diminuição da mesma com o aumento da precipitação de 139 mm para 146 mm após o tratamento.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a orientação na seleção da vegetação mais adequada para a região ao Professor Amato José Teixeira, professor de Agronomia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI-Erechim.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. (2005). *Conservação do solo*. 5ª. ed. São Paulo: Ícone.
- Castro, P. T. C. (2007). *Cobertura vegetal e indicadores microbiológico de solo em talude revegetado*. Dissertação (Pós Graduação em Ciências Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, UFV, Minas Gerais. 39 f.
- Carvalho, P. A. S. (Coord.). (1991). *Manual de Geotecnia: taludes de rodovias, orientações para diagnóstico e soluções dos seus problemas*. São Paulo: IPT.
- Casarin, R. D. (2008). *Controle de erosão em estradas rurais não pavimentadas, utilizando sistema de terraceamento com gradiente associado a bacias de captação*. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu. 89 f.
- Da Silva, F. C. (2008) *Métodos de semeadura e uso de mantas no controle de erosão em taludes de corte*. Dissertação (Pós Graduação em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, UFV, Minas Gerais. 43 f.
- Ding W.; Li M. (2016). *Effects of grass coverage and distribution patterns on erosion and overland flow hydraulic characteristics*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- EMBRAPA (2012). *Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul brasileira*. 2ª ed. Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária, Brasília.
- Fernandes, L. S. (2004). *Avaliação de mantas comerciais na vegetação de taludes em corte de estrada*. Dissertação (Pós Graduação em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, UFV, Minas Gerais. 69 f
- Gerscovich, D.M.S. (2007). *Estabilidade de taludes*. 2ª Edição. São Paulo: Oficina de Textos.
- GSWCC (2014). *Manual For Erosion And Sediment Control In Georgia (MESC)*, Georgia Soil and Water Conservation Commission. Sixth Edition. p. 15.
- Guerra, A. J. T. (2007). *O início do processo erosivo*. In: Guerra, A. J. T.; Silva, A. S. Da; Botelho, R. M. G. (orgs). *Erosão e Conservação do Solo: conceito, temas e aplicações*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: http://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/pedologia/mapas/unidades_da_federacao/rs_pedologia.pdf. Acesso em março de 2019.
- Maccaferri do Brasil Ltda. (2007). Guia de instalação de Mac Mat ®.
- Norris J.E., Stokes A., Mickovski, S.B., Cammeraat, E., Van Beek, R., Nicoll, B. Achim A. (Editores) (2008). *Slope Stability and Erosion Control: Ecotechnological Solutions*.
- Queiroz, R. C. (2009). *Geologia e geotecnia básica para Engenharia civil*. São Carlos: RiMa.

- Sartori, M. G. B. (2003). *A dinâmica do clima do Rio Grande do Sul: indução empírica e conhecimento científico*. Terra Livre, vol.1, n.20, p. 27-49, jan./jul..
- Seutloali K. E.; Beckedahl H. R (2015). *Understanding the factors influencing rill erosion on road cuts in the south eastern region of South Africa*, Solid Earth, 6, 633–641.
- Souza, C. R.; Seixas, F. (2001). *Avaliação de diferentes coberturas do solo no controle da erosão em taludes de estradas florestais*. Scientia Florestais, n. 60, p. 45-51, dez.
- Streck, E. V.; Kämpf, N.; Dalmolin, R. S. D.; Klamt, E.; Nascimento, P. C.; Schneider, P.; Giasson, E.; Pinto, L. F. S. (2008). *Solos do Rio Grande do Sul*. 2 ed. – Porto Alegre: Emater/RS- Ascar.