

LEONARDO SILVA FERNANDES

**AVALIAÇÃO DE MANTAS COMERCIAIS NA VEGETAÇÃO DE
TALUDE EM CORTE DE ESTRADA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2004

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

F363a
2004

Fernandes, Leonardo Silva, 1979-

Avaliação de mantas comerciais na vegetação de talude
em corte de estrada / Leonardo Silva Fernandes. – Viçosa :
UFV, 2004.

xiii, 81f. : il. ; 29cm.

Inclui anexo

Orientador: James Jackson Griffith
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 64-68

1. Proteção ambiental. 2. Revegetação. 3. Solos -
Conservação. 4. Solos - Erosão. I. Universidade Federal de
Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 634.9424

LEONARDO SILVA FERNANDES

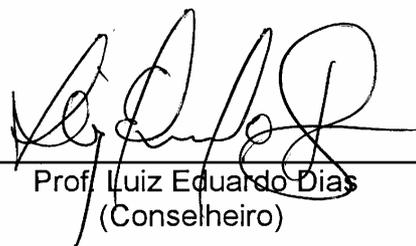
**AVALIAÇÃO DE MANTAS COMERCIAIS NA VEGETAÇÃO DE
TALUDE EM CORTE DE ESTRADA**

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
graduação em Ciência Florestal, para
obtenção do título de *Magister
Scientiae*.

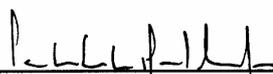
APROVADA: 31 de agosto de 2004.



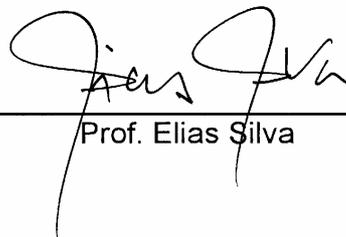
Prof. Dilermando Miranda da Fonseca
(Conselheiro)



Prof. Luiz Eduardo Dias
(Conselheiro)



Prof. Carlos Ernesto G. R. Schaefer



Prof. Elias Silva



Prof. James Jackson Griffith
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

À Divina Mãe do Universo.

A meus pais, irmãos e avós pelo sacrifício, amor e apoio incondicionais.

À minha namorada Evelyn, pela força, incentivo, carinho e paciência.

Ao meu orientador, professor James Jackson Griffith, não somente pela transmissão de conhecimento, mas por todas as lições que fazem de mim uma pessoa melhor.

Aos professores conselheiros Dilermando Miranda da Fonseca, Luiz Eduardo Dias e Hugo Alberto Ruiz, pela paciência, atenção, sabedoria e boa vontade.

Ao professor Antônio Kleber Gonçalves Tibiriçá, pelas longas horas de conversa, pela sua bondade, disponibilidade e, acima de tudo, pelo seu senso crítico.

Ao professor Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Chaefer, pela boa vontade, análise crítica espírito científico.

Ao colega Emerson “Janela”, que contribuiu desde o início, dando idéias e opiniões.

Ao professor Antônio Ferraz, por sua disponibilidade e prontidão para ajudar.

Ao professor Caetano Marciano de Souza, pela boa vontade, atenção e disponibilidade.

Ao professor Alexandre Francisco da Silva, por sua atenção e disposição a ensinar.

Ao professor Luiz Eduardo Ferreira Fontes, que na condição de Pró-Reitor, autorizou a realização do trabalho no Campus e disponibilizou todo o suporte necessário para a realização do trabalho.

À professora Evelyne Mantovani, por sua contribuição nas análises das sementes.

Ao professor Antônio Bartolomeu do Vale, por sua experiência profissional no trato com empresas, revisão das propostas e ajuda na elaboração do contrato.

Ao professor Amaury Paulo de Souza, que como Diretor Administrativo da SIF, colaborou para a efetivação do convênio com a Maccaferri do Brasil.

Aos colegas da Pós: Márcio, Gilciano e Flávio, pelos direcionamentos das análises estatísticas e aos professores Hélio Garcia e, em especial, ao professor Fernando Pinheiro Reis, pela ajuda na conferência dos dados, e atenção sempre presente.

Aos laboratoristas do Departamento de Solos: Cláudio, Carlos, Braz, Jorge, e Bodão, bem como ao Setor de Silvicultura: Leacyr e Mauro, pela prontidão e ajuda nas análises.

Aos funcionários Geraldo e Zé de Sales do Setor de Parques e Jardins; Amorim do Setor de Pintura; Silvério, Carlão, Kogesus e Oliveira da Serralheria; Chico Bezzera da Silvicultura; Zé Maria da Marcenaria; Policarpo e Castilho da Estação Meteorológica e Nicolau da Agrostologia, pela dedicação, boa vontade e profissionalismo no suporte técnico à pesquisa.

Aos funcionários Chiquinho, Zé Mauro, Frederico, Ritinha, Rita, Ana Paula, Noêmia, Kellen e Rose do Departamento de Engenharia Florestal.

Ao Adão da SIF, que inúmeras vezes ajudou na contabilidade do projeto.

À turma de São Miguel do Anta, em nome do Uilson, pelo trabalho e dedicação na instalação do experimento.

Às funcionárias Graça Lima e Maria Auxiliadora do Laboratório do Curso de Comunicação Social (Jornalismo) na Vila Gianetti, pela confiança e disponibilidade de espaço para guardar o material utilizado na pesquisa.

À graduanda de Agronomia Jussara Braz, que como estagiária na pesquisa, mostrou-se uma pessoa maravilhosa e extremamente prestativa, sempre disposta a ajudar.

Ao amigo Sandrão, pela paciência, apoio e ajuda nos momentos do *rappel*, e ao Japa que, na reta final, gentilmente cedeu seu computador. Aos colegas da Pós-Graduação que de uma maneira ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho.

À Sr. Lúcia Siranka, pela boa vontade de revisar a versão final da tese.

Aos amigos Diogo Vilela, Zé do Balé e, em especial, Dário Orlandini, da República da Viola, pela contribuição não só na pesquisa, mas por todo engrandecimento pessoal proporcionado.

À EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÀRIA, em nome da Valéria Pacheco Batista Euclides (EMBRAPA/Gado de Corte) e à empresa Sementes Facholi, pela doação das sementes usadas na pesquisa.

À Maccaferri do Brasil, pelo financiamento da pesquisa e pela oportunidade de fazer este trabalho, nas pessoas de Alexandre Texeira e Jaime Duran.

À Deflor Bioengenharia, em nome do Aloísio Rodrigues Pereira pelo apoio irrestrito e doação das mantas.

Ao CNPq, pela bolsa de mestrado sem a qual não teria sido possível realizar este trabalho.

À Universidade Federal Viçosa, pelo acolhimento, subsídio e formação.

À toda sociedade brasileira que financia as universidades públicas.

BIOGRAFIA

LEONARDO SILVA FERNANDES, filho de Carlos Leopoldo Fernandes e Mônica Giovannini da Silva Fernandes, nasceu em 28 de janeiro de 1979, na cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais.

Em 1998, ingressou no curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Juiz de Fora, graduando-se em 2002.

No mesmo ano, ingressou no curso de Mestrado em Ciência Florestal na Universidade Federal de Viçosa, concluindo seus estudos em agosto de 2004.

CONTEÚDO

	Página
RESUMO.....	viii
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Dinâmica superficial de encostas e taludes.....	4
2.2. Movimentos de massa.....	5
2.3. Processos erosivos	8
2.4. Função da vegetação na estabilidade de taludes e no controle da erosão	9
2.5. Gramíneas e leguminosas.....	12
2.6. Efeitos da inclinação topográfica do terreno e a orientação solar no estabelecimento da vegetação	15
2.7. Principais técnicas de revegetação de taludes	17
3. OBJETIVOS	25
4. MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1. Área experimental	27
4.2. Delineamento experimental.....	30
4.3. Descrição dos produtos, tratamentos e instalação das parcelas.	31
4.4. Coleta e determinação das variáveis analisadas	34
4.4.1. Experimento <i>Escoamento Superficial</i>	34

	Página
4.4.2. Estabelecimento de espécies vegetais.....	41
4.4.3. Levantamento florístico de uma faixa de vegetação na crista do talude	43
4.5. Análise dos dados	43
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
5.1. Escoamento superficial	45
5.2. Estabelecimento de espécies vegetais.....	54
6. CONCLUSÕES	60
7. RECOMENDAÇÕES	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
ANEXOS	69

RESUMO

FERNANDES, Leonardo Silva, M.S., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2004. **Avaliação de mantas comerciais na vegetação de talude em corte de estrada.** Orientador: James Jackson Griffith. Conselheiros: Dilermando Miranda da Fonseca e Luiz Eduardo Dias.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento de diferentes mantas comerciais (MacMat[®], Fibrax[®] e Tela Biotêxtil[®]) na proteção do solo contra a erosão superficial hídrica e na facilitação do desenvolvimento de espécies vegetais. Para tanto, foram instalados, em um talude localizado no novo acesso à Universidade Federal de Viçosa (Via Alternativa da Vila Gianetti), dois experimentos: Escoamento Superficial e Estabelecimento de Espécies Vegetais. O primeiro consistiu de seis tratamentos (solo exposto, mantas MacMat[®], Fibrax[®] e Tela Biotêxtil[®] com espécies vegetais – uma combinação de *Brachiaria decumbens* (I), *Melinis minutiflora* (II), *Stylosanthes guianensis* (III) e *Cajanus cajan* (IV) mais as mantas MacMat[®] e Fibrax[®] sem vegetação) com três repetições no delineamento experimental inteiramente casualizado, distribuídos em 18 parcelas de 8,5 X 2 m; já o experimento *Estabelecimento de Espécies Vegetais* consistiu de 14 tratamentos (mantas MacMat[®] e Fibrax[®] sem vegetação (testemunhas), com cada uma das espécies utilizadas no experimento anterior (I, II, III, e IV), com a combinação de todas as espécies (I + II + III + IV) e com uma combinação de três das quatro espécies (II + III + IV)) com quatro repetições, distribuídos em 56 parcelas de 2

X 2 m no delineamento experimental em blocos casualizados em esquema fatorial com dois tratamentos adicionais. As variáveis analisadas no primeiro experimento foram: massa de sólidos erodidos e volume de suspensão de água + solo escoado, avaliados separadamente após cada evento chuvoso de uma série de oito eventos; as variáveis analisadas no segundo experimento foram: número e altura dos indivíduos aos 65 e 207 dias após semeadura, índice de cobertura e biomassa da parte aérea aos 207 dias após semeadura. Todas as variáveis estudadas nos dois experimentos foram analisadas por meio do teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Os resultados das análises estatísticas praticamente não detectaram diferenças significativas entre os tratamentos aplicados ($P < 0,05$), o que foi atribuído à alta variabilidade das condições físicas no talude como: posicionamento das parcelas ao longo do perfil do solo, influência das águas de drenagem da crista do talude, metodologias de implantação dos tratamentos, entre outras. Para o experimento *Escoamento Superficial* verificou-se menor volume de escoamento superficial de água + solo escoado para a manta Tela Biotêxtil[®] e o maior, para a manta Fibrax[®], que foi a mais efetiva para o controle da perda de solos. Já o tratamento MacMat[®] foi o que permitiu maior perda de solo seguido pelos tratamentos Testemunha (solo exposto), Tela Biotêxtil[®], MacMat[®] com plantas, Fibrax[®] e Fibrax[®] com plantas. Constatou-se influência positiva da interação de mantas com vegetação, apesar do efeito só ter sido significativo ($p < 0,05$), na manta Fibrax[®], para a variável volume de suspensão de água + solo escoado. A análise estatística do experimento *Estabelecimento de Espécies Vegetais* praticamente não detectou interação significativa entre a vegetação e as mantas ($p < 0,05$), com exceção para o número de indivíduos aos 65 dias após semeadura, cuja média foi maior na manta MacMat[®]. Após proceder a um desdobramento da interação dentro de cada espécie para avaliar o efeito das mantas, detectou-se diferença significativa para a variável altura dos indivíduos aos 65 dias após semeadura em todas as espécies exceto para a combinação I + II + III, com médias superiores em todas as espécies e combinações na manta Fibrax[®]. Médias maiores na manta Fibrax[®], mas não significativas ($p > 0,05$), também foram verificadas para as outras variáveis, com exceção do número de indivíduos aos 207 dias após semeadura, cuja média para todas as espécies foi maior na MacMat[®], exceto para *B. decumbens*. Quanto ao índice

de cobertura e biomassa da parte aérea, aos 207 dias após a semeadura, as médias foram superiores em todas as espécies e combinações na manta Fibrax[®], mas detectou-se diferença significativa apenas para a espécie *B. decumbens*. A espécie que melhor se estabeleceu foi *B. decumbens* seguida de *M. minutiflora* e *S. guianensis* (*C. cajan* foi descartada das análises devido ao baixo rendimento das sementes utilizadas na pesquisa). Embora tenha adotado metodologias distintas para implantação das mantas, os resultados dos experimentos evidenciaram efeitos satisfatórios dos produtos utilizados quanto ao controle da erosão superficial hídrica e ao estabelecimento de vegetação, com destaque para a manta Fibrax[®] que mesmo apresentando maior volume de suspensão de água + solo escoado, demonstrou maior eficácia para impedir a perda de solos e permitir o estabelecimento de vegetação.

ABSTRACT

FERNANDES, Leonardo Silva. M.S., Universidade Federal de Viçosa, August 2004. **Evaluation of commercial erosion control blankets in vegetative cover of road cut slope.** Adviser: James Jackson Griffith. Committee Members: Dilermando Miranda da Fonseca and Luiz Eduardo Dias.

The objective of this study is to evaluate the performance of three different erosion control blankets commercially available in Brazil (MacMat[®], Fibrax[®] and Tela Biotêxtil[®]) for surface hydraulic soil erosion protection and facilitating development of vegetative cover. Two experiments were installed on a slope created by a new street access to the Federal University of Viçosa (*Via Alternativa da Vila Gianetti*): surface runoff and vegetative species establishment. The first comprises six treatments (exposed soil, MacMat[®], Fibrax[®] and Tela Biotêxtil[®] blankets with vegetative species – a combination of *Brachiaria decumbens* (I), *Melinis minutiflora* (II), *Stylosanthes guianensis* (III) and *Cajanus cajan* (IV) in addition to MacMat[®] and Fibrax[®] blankets without vegetation) with three repetitions in an entirely randomized experimental design, distributed in 18 plots of 8.5 X 2 m. The vegetative species establishment experiment comprised 14 treatments (MacMat[®] and Fibrax[®] blankets without vegetation (control), with each of the species used in the anterior experiment (I, II, III and IV), with a combination of all species (I + II + III + IV) and with a combination of three of the four species (I + II + IV) with four repetitions,

distributed in 56 parcels of 2 X 2 m in an experimental design using randomized blocks in a factorial layout with two additional treatments. The variables analyzed in the first experiment were eroded solids mass and volume of suspension of water + transported soil, separately evaluated after each rain event in a series of eight events. The variables analyzed in the second experiment were number and height of individuals at 65 and 207 days after seeding, cover index and aerial part of biomass at 207 days after seeding. All the variables in the two experiments were analyzed using Tukey test at 5% probability. The statistical analyzes detected almost no significant differences among the treatments ($P < 0.05$), this being attributed to the high variability of the slope's physical conditions affecting factors such as plot position along the soil profile, influence of water drainage at slope crest and treatment implementation methods. For the surface runoff experiment, results showed least volume for surface runoff of water + soil transported for the Tela Biotêxtil[®] blanket and the greatest for the Fibrax[®] blanket which was the most effective for control of soil loss. The MacMat[®] treatment resulted in the greatest soil lost followed by the control treatment (exposed soil), Tela Biotêxtil[®], MacMat[®] with plants, Fibrax[®], and Fibrax[®] with plants. A positive influence was observed from the interaction of blankets with vegetation, despite that the effect was only significant ($p < 0.05$), for Fibrax[®] blanket, for the variable volume of suspension of water + transported soil. The statistical analysis of the vegetative species establishment experiment detected almost no significant interactions between vegetation and blankets ($p < 0.05$) except for number of individuals at 65 days after seeding, the greatest average being for MacMat[®] blanket. After investigating further into interaction within each species to evaluate blanket effect, the analysis detected significant difference for the variable individual height at 65 days after seeding for all species except for the combination I + II + III, with averages greatest for all species and combinations using Fibrax[®] blanket. Greatest measures for the Fibrax[®] blanket, but not significant ($p < 0.05$) were also observed for the other variables except for number of individuals at 207 days after seeding, whose average for all species was greatest on MacMat[®] except for *B. decumbens*. As for the cover index and aerial part of biomass, at 207 days after seeding, averages were greatest for all species and combinations for Fibrax[®] blanket, but significant difference was observed only

for *B. decumbens*. The species that established best was *B. decumbens* followed by *M. minutiflora* and *S. guianensis* (*C. cajan* was discarded from analysis because of poor seed performance). Although distinct methods were employed for implementing the blankets, the results showed satisfactory effects from the products used to control surface hydraulic soil erosion and vegetation establishment, Fibrax[®] blanket being the best performer, despite having greater volume of suspension of water + transported soil, but nevertheless demonstrating greater efficiency to impede soil loss and permit establishment of vegetation.

1. INTRODUÇÃO

Obras de engenharia em áreas de relevo acidentado, sem obedecer os critérios técnicos necessários, geram situações de risco associadas à instabilidade de taludes e encostas.

Segundo INBAR et al. (1998), as principais atividades responsáveis pela degradação de aspectos geomorfológicos da paisagem são as minerárias, abertura de estradas, escavações, entre outras. Estas, quase sempre geram modificações significativas, alterando o comportamento do sistema em equilíbrio.

Trabalhos de movimentação de terras (aterros, terraplenagem) e muitos projetos de construção criam taludes íngremes desnudos de vegetação que, sujeitos às intempéries e às flutuações diárias e sazonais de temperatura e umidade, dificultam a entrada de espécies, comprometendo a recuperação ambiental da obra.

Em muitas dessas áreas, é necessária a aplicação de projetos de recuperação ambiental, incluindo medidas mitigadoras e reconstrução topográfica, de acordo com o grau e o tipo de impacto ambiental causado pelo empreendimento.

As características das áreas sob intervenção, em conjunto com suas propriedades fisiográficas, predisporão e condicionarão diversos fenômenos de dinâmica superficial. Uns dos problemas mais comuns são a erosão e os

movimentos de massa em encostas e taludes, genericamente denominados escorregamentos (GUIDICINE e NIEBLE, 1993).

A maneira como a intervenção antrópica vem se dando ao longo do tempo condiciona a morfogênese como um fator de diminuição do potencial produtivo em muitas regiões.

Segundo TOY et al. (2002), em muitos locais a taxa de perda de solos por causa da erosão é maior que a de sua formação o que resulta, nessas áreas, na depleção desse recurso e na conseqüente redução do potencial de revegetação natural.

Boa parte desse material erodido é depositado em planícies fluviais ou lacustres ao longo de rios, lagos e reservatórios e outra parte nos oceanos, assoreando e poluindo os recursos hídricos.

Os efeitos causados pelos movimentos de massa, segundo GRAY e SORTIR (1996), incluem a desvalorização de terras, perda de produtividade e degradação da qualidade da água, além de danos aos sistemas de transportes. No Brasil, o deslizamento de encostas tem provocado acidentes de proporções catastróficas. Só para exemplificar, em fevereiro de 1988, na cidade de Petrópolis – RJ, acidentes envolvendo escorregamentos contabilizaram 171 mortes, 1.100 moradias interditadas e 5.000 desabrigados (AUGUSTO FILHO, 1994).

Diante desta realidade, cada vez mais preocupante, faz-se necessário ampliar o conhecimento acerca deste tema e intensificar pesquisas embasadas nas diversas metodologias disponíveis no mercado já que, de alguma maneira, o Brasil e muitos países tropicais ainda carecem de estudos mais aprofundados. Ao buscar soluções para tais problemas, exercemos em parte nosso dever como cidadãos assegurando melhor qualidade de vida para a população, bem como um ambiente ecologicamente equilibrado para as gerações futuras.

2. REVISÃO DE LITERATURA

É possível perceber certo grau de indistinção e aplicações equivocadas entre os termos talude antrópico e encosta natural.

O dicionário Houaiss da Língua Portuguesa (HOUAISS, 2000) define o vocábulo talude como: “(...) inclinação na superfície lateral de um aterro, de um muro ou de qualquer obra; rampa...”. E, encosta, com: “vertente, (‘declive’)...”. Esta definição dá ao termo talude, um caráter “antrópico”, já que o combina com a palavra “obra”.

Já uma definição mais clara e objetiva destes termos é proposta por CUNHA et al. (1991):

Taludes naturais são definidos como encostas de maciços terrosos, rochosos, ou mistos de solo e rocha, originados por agentes naturais e de superfície não horizontal, mesmo que tenham sofrido algumas ações antrópicas, tais como cortes, desmatamentos, introdução de cargas etc”.

Uma encosta pode ser entendida como toda a superfície natural inclinada (declive) que une duas outras superfícies caracterizadas por diferentes energias potenciais gravitacionais. O termo encosta é mais utilizado em caracterizações regionais, enquanto que talude natural é mais empregado em descrições locais, preferencialmente, por profissionais atuantes em geotecnia.

Talude de corte é definido como um talude natural ou de encosta resultante de algum processo de escavação promovido pelo homem.

O termo talude artificial refere-se aos declives de aterros construídos a partir de vários materiais, tais como argila, silte, areia, cascalho e rejeitos industriais ou de mineração.

As características geométricas mais relevantes de uma encosta (CUNHA et al., 1991) são inclinação ou declividade (ângulo do plano médio da encosta com o horizontal medido), amplitude (diferença de cota existente entre a base e o topo da encosta) e perfil (variação de sua declividade ao longo de sua seção transversal).

Essas características podem dar à encosta ou talude uma conformação retilínea, convexa, côncava, ou uma combinação entre elas.

Segundo TOY e DANIELS (1998), considerando-se apenas os aspectos de ângulos de vertente, os perfis convexos estariam mais sujeitos aos movimentos de massa e à erosão que os côncavos. Todavia, há de se ressaltar que esses autores basearam seus estudos em solos de clima temperado, geralmente pouco intemperizados.

Em se tratando de solos tropicais, geralmente com alto grau de intemperização, a erosão linear concentrada é maior em seguimentos côncavos, pois estes perfis atuam como concentradores dos fluxos hídricos. Possuindo solos mais rasos, saturam-se mais rapidamente aumentando sua susceptibilidade à erosão gerando assim o escoamento superficial concentrado. Já os perfis convexos atuam dissipando esses fluxos. Geralmente são solos mais profundos permitindo maior infiltração e exigindo um tempo bem maior para iniciar o escoamento.

2.1. Dinâmica superficial de encostas e taludes

As feições de uma encosta ou talude estão sujeitas basicamente a dois processos naturais de dinâmica superficial: intemperismo e erosão que, associados à ação antrópica, determinam e aceleram a modelagem do sistema natural.

Independente de alterações de geometria (que podem ser derivadas de intervenções humanas ou processos naturais) e de escorregamentos

externos (resultado de sobrecargas de aterro ou bermas), a estabilidade de encostas é variável ao longo do tempo (CASTELO, 1986).

Segundo CUNHA et al. (1991), a dinâmica das encostas é regida pelos processos de transporte de massa e pelos movimentos gravitacionais de massa. Os transportes de massa incluem a erosão laminar, erosão em sulcos e erosão por voçorocamento; os movimentos gravitacionais de massa incluem rastejos, escorregamentos, quedas/tombamentos e corridas de massa (GUIDICINI e NIEBLE (1993) e GRAY e SORTIR (1996)).

As ocorrências de movimentos de massa são importantes não apenas na gênese das formas do relevo, mas, também, na influência direta na vida das pessoas que se instalam em área de risco.

2.2. Movimentos de massa

O termo “escorregamento”, mais do que incluir todo e qualquer movimento coletivo de materiais terrosos e rochosos compreende também o movimento de solo ou rocha, independente da diversidade de processos, causas, velocidades, formas e demais características do movimento analisado (GUIDICINI e NIEBLE, 1984; CUNHA et al., 1991).

Estudos preditivos dos possíveis tipos de escorregamento em encosta são muito importantes para saber como e onde atuar na estabilização de taludes, pois a execução de cortes nos maciços pode condicionar movimentos de massa.

Dentre os vários sistemas classificatórios destaca-se o de VARNES (1978), por ser o mais amplamente empregado (Quadro 1).

Segundo FILHO e VIRGILI (1998), a estabilidade de um talude pode ser avaliada por meio de métodos analíticos, experimentais ou observacionais:

A análise de estabilidade envolve um conjunto de procedimentos visando à determinação de um índice ou uma grandeza que permita quantificar o quão próximo da ruptura um determinado talude ou uma encosta se encontra, num determinado conjunto de condições atuantes.

Quadro 1 – Classificação dos movimentos de encostas segundo VARNES (1978)

Tipo de Movimento	Rocha	Tipo de Material	
		Solo	
		Grosseiro	Fino
Quedas	de rocha	de detritos	de solo
Tombamentos	de rocha	de detritos	de solo
Escorregamentos	Rotacional abatimento de rochas	abatimento de detritos	abatimento de solo
	de blocos rochosos	de blocos de detritos	de blocos de solo
	Translacional de rocha	de detritos	de solo
Expansões Laterais	de rocha	de detritos	de solo
Corridas/Escoamentos	de rocha	de detritos	de solo
	(rastejo profundo)		(rastejo de solo)
<u>Complexos: combinação de 2 ou mais dos principais tipos de movimentos</u>			

Dentre as aproximações básicas dos numerosos métodos para predição da estabilidade de taludes, os autores ressaltam a análise do equilíbrio limite e análise de deformidade. A primeira leva em consideração o maior número de fatores que influenciam as forças de estresse e resistência do talude, além de ser mais simples de se aplicar. Já a análise de deformidade expressa a estabilidade de um talude ou de uma encosta por meio de um fator de segurança (FS) (GRAY e SORTIR, 1996; FILHO e VIRGILI, 1998). O fator de segurança é calculado pelo quociente entre a resistência do terreno e as forças motoras ao longo da superfície de movimentação. A determinação do fator de segurança pelo método do equilíbrio limite requer uma estimativa da resistência ao cisalhamento que, para solo, ou rocha inconsolidada, é dada pelo critério de ruptura de Coloumb (GRAY e SORTIR, 1996):

$$s = c + \acute{o} \tan \acute{O},$$

em que

s = força de cisalhamento do material;

ó = estresse normal na superfície de ruptura;

δ = ângulo de atrito (fricção interna).
 c = coesão do solo.
 } Parâmetros da tensão de cisalhamento.

Segundo SORWES (1979), são 15 os agentes de desestabilização de um talude ou encosta, conforme se pode observar no Quadro 2.

Quadro 2 – Agentes estabilizadores ou desestabilizadores de um talude ou encosta

Agentes de desestabilização	
Aumento de solicitação	Decréscimo de resistência
<ul style="list-style-type: none"> • Cargas externas, tais como edificações, aterros de lixo e água represada. • Aumento do peso devido ao umedecimento. • Maior declividade do talude devido a cortes, escavações ou remoção de bermas. • Solapamento ao pé do talude por erosão hídrica. • Choques causados por explosões, raios, etc. • Trincas de tração. • Pressão da água em trincas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inchamento e amolecimento de argila por absorção de água. • Pressões de água devido à percolação subterrânea. • Desabamento de estruturas complexas em arcos de solos saturados com choque ou vibração. • Microfissuramento devido à alternância de inchamento e retração ou de tensões. • Ruptura progressiva em solos sensíveis e rochas frágeis. • Deterioração de cimentos naturais dos solos. • Perda de sucção na secagem e inundação. • Intemperismo – deterioração química ou bioquímica.

Para CASTELO (1986), há duas formas básicas de atuação para estabilização de uma encosta: através da minimização dos agentes desestabilizadores, que o autor chama de proteção de encostas, ou por meio da introdução de esforços externos estabilizadores, que são as estruturas de contenção.

A proteção vegetal de encosta pode existir naturalmente, requerendo apenas preservação, ou, em alguns casos, necessita ser introduzida, sob pena

de instabilização da encosta. Essa intervenção representa um investimento relativamente pequeno, podendo ser a única solução para encosta de grande extensão e volume de terra (CASTELO, 1986).

O comportamento da maioria dos agentes desestabilizadores é bem analisado, o que facilita a compreensão de seu controle. Destes, o mais comum e atuante é, sem dúvida, a água. Segundo CASTELO (1986), deve-se atuar neste agente por meio de dois procedimentos básicos: minimizar a infiltrabilidade do terreno (revestimentos rígidos, revestimentos vegetais) e drenar a água no maciço (drenagem superficial e profunda).

Exemplos de formas de estabilização e contenção de encostas são amplamente discutidos por CASTELO (1986), CUNHA et al. (1991), GUIDICINI e NIEBLE (1993).

2.3. Processos erosivos

- *Deslocamento de partículas por impactos de gotas de chuva*

A erosão por salpicamento (*splash*) é o estágio inicial do processo erosivo, pois prepara as partículas que compõem o solo a serem transportadas pelo escoamento superficial.

Durante a chuva, o impacto da gota na superfície do solo desaloja as partículas do último. Essas partículas são levantadas para o ar e transportadas para fora do ponto do impacto da gota (OLIVEIRA, 1999).

O potencial de erosão do solo pela chuva depende da resistência dos agregados assim como da energia cinética da gota de chuva. As partículas mais finas desalojadas de seu arranjo estrutural ocupam os espaços intergranulares, acarretando a compactação da superfície do terreno.

- *Transporte de partículas de solo pelo escoamento superficial difuso*

Erosão laminar – a elevada concentração de água no solo gera uma saturação dos macroporos. Nesse instante, não ocorre mais infiltração de água e toda chuva que está aportando ao solo escoar difusamente pela sua superfície. As rugosidades do terreno geram resistência de atrito ao fluxo superficial. Quando as tensões cisalhantes superam as forças de resistência

estática das partículas individuais o transporte de partículas se inicia, resultando na remoção progressiva e relativamente uniforme dos horizontes superficiais do solo, ou seja, começa o processo erosivo (GUERRA, 1999).

- *Transporte de partículas por sulcos concentrados*

Após a saturação do solo, a água converge para suas microdepressões devido às irregularidades do terreno, fazendo com que o escoamento superficial se transforme em fluxo concentrado, formando sulcos, ravinas e mesmo voçorocas, definidos a seguir (SALOMÃO, 1999):

Sulcos – incisões erosivas lineares, causadas pelo fluxo da água ao longo de um terreno. Não são profundas, podendo, porém, evoluir por aprofundamento em ravinas.

Ravinas – em geral diferenciada de sulcos pela profundidade da erosão linear em forma de canal, originado pelo escoamento concentrado das águas superficiais. Tratar-se-á de ravinas quando o canal formado não puder ser obliterado por operações normais de preparo do solo (PICHLER, 1995).

Voçoroca – caso a erosão se desenvolva por influência não somente das águas superficiais, mas também dos fluxos de água subsuperficiais, onde se inclui o lençol freático. Configura-se o processo mais conhecido por boçoroca ou voçoroca, com desenvolvimento de *piping* (GALETI, 1987):

O fenômeno de piping provoca a remoção de partículas do interior do solo formando canais que evoluem em sentido contrário ao do fluxo de água, podendo dar origem a colapsos do terreno, com desabamentos que alargam a boçoroca ou criam novos ramos. Assim, a boçoroca é palco de diversos fenômenos: erosão superficial, erosão interna, solapamentos, desabamentos e escorregamentos, que se conjugam no sentido de dotar essa forma de erosão de elevado poder destrutivo.

2.4. Função da vegetação na estabilidade de taludes e no controle da erosão

A revegetação é uma das técnicas mais utilizadas para o controle de erosão e estabilização de taludes de rejeito (AKERS e MUTER, 1974 apud CHAULYA et al., 1999). A vegetação atua sobre o perfil das encostas de

diferentes modos, favorecendo a fixação do solo e opondo-se a degradação por rastejo e erosão elementar – erosão por escoamento superficial (PINHEIRO, 1971).

Para trechos de encostas onde a vegetação natural tenha sido removida e que apresente alto risco de ocorrência de escorregamentos, uma solução bastante interessante é a implementação de uma cobertura vegetal funcionalmente semelhante à vegetação original.

Pode-se observar em encostas protegidas com densos mantos florestais ou por vegetação apropriada, menor intensidade de fenômenos da dinâmica superficial de encostas, como os movimentos de massa, por exemplo, (PINHEIRO, 1971).

A cobertura vegetal foi o principal fator de interferência positiva em solos descobertos com baixo teor de matéria orgânica, mostrando um decréscimo mais rápido do *runoff* e na produção de sedimentos do que em locais sem cobertura vegetal (INBAR et al., 1998).

O reflorestamento tem sido realizado com os objetivos principais de prevenir a instabilização de encostas, reduzir a ocorrência de enchentes e limitar a expansão urbana das favelas sobre locais de risco (SANTOS et al., 1992).

BERTONI e LOMBARDI NETO (1990) enumeraram os efeitos da vegetação na proteção do solo da seguinte maneira:

- proteção direta contra o impacto da gota da chuva;
- dispersão de água, interceptando-a e evaporando-a antes que atinja o solo;
- decomposição das raízes das plantas, que formam canalículos no solo aumentando a infiltração de água;
- melhoria da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica aumentando assim a capacidade de retenção de água;
- diminuição da velocidade do escoamento pelo aumento da rugosidade da superfície.

GRAY e SORTIR (1996) apontam os efeitos de gramíneas, leguminosas, e herbáceas em geral na prevenção contra a erosão:

- interceptação;
- retenção;
- retardamento;
- infiltração; e
- transpiração.

Benefícios da vegetação são também enumeradas por SANTOS et al. (1992):

- Diminuição de enxurradas e enchentes;
- Diminuição de gastos públicos (desobstrução de galerias pluviais);
- Preservação e reativação de mananciais;
- Oferta de alimento;
- Recomposição paisagística da encosta; e
- Benefícios sobre o clima e a fauna silvestre.

VARNES (1958), além de agrupar os efeitos benéficos da vegetação, enumerou em seu estudo alguns fatores que influenciam a estabilidade das encostas (Quadro 3).

A escolha de espécies leva em consideração o maior número de características desejáveis, tais como: sistema radicular profundo, crescimento vigoroso, disponibilidade de sementes no mercado, facilidade de propagação, sobrevivência em condições de baixa fertilidade e eficácia na cobertura do solo (EINLOFT, 1997).

Segundo PARANÁ (2000), algumas das características vegetais que devem ser observadas para a escolha de vegetação são: apresentar resistência às variações climáticas, ter tolerância ao calor e às geadas (se for o caso), estar disponível no mercado regional, não necessitar de tratamentos culturais intensivos, ter pouca queda de folhas e frutos, possuir pouco volume de raízes fora do solo, considerar porte diferenciado para áreas de rede elétrica, evitar árvores frágeis de fácil tombamento pelo vento e atentar sempre quanto à toxicidade das espécies.

Quadro 3 – Fatores de influência na estabilidade de taludes e encostas, segundo VARNES (1958)

Fatores	Efeitos
Reforço radicular	Aumento da estabilidade da encosta
Modificação na umidade do solo	Aumento da estabilidade da encosta
Ancoramento	Aumento da estabilidade da encosta
Sobrecarga	Depende do solo ou das condições locais
Enlace das raízes	Instabilidade
Queda pelo vento	Instabilidade

A vegetação herbácea é mais efetiva para o controle da erosão superficial do que a vegetação arbórea, devido à densa cobertura do solo da primeira. Todavia, a vegetação arbórea desempenha um melhor papel na prevenção dos movimentos de massa, principalmente nos deslizamentos superficiais de encostas e taludes, devido basicamente ao ancoramento profundo das raízes (GRAY e LEISER, 1989; 1996).

A escolha de espécies adequadas tem grande importância para o êxito dos projetos de revegetação de taludes. Com o aumento da diversidade, as possibilidades de sucesso são maiores, uma vez que cada espécie responde diferentemente às condições ambientais, implicando numa maior estabilidade da comunidade (CUSATIS, 2001).

Como há uma tendência natural de concentração de raízes próximo à superfície do solo – devido à presença de oxigênio para as trocas gasosas durante a respiração (GRAY e LEISER, 1989) – é desejável que se combine o maior número possível de espécies, de forma a contemplar as variadas situações de campo, aumentando assim as chances de sucesso do estabelecimento de uma cobertura vegetal.

2.5. Gramíneas e leguminosas

Espécies de gramíneas e leguminosas são as mais amplamente empregadas em muitos projetos de recuperação ambiental devido às suas

características morfológicas e fisiológicas que permitem uma rápida cobertura do solo e a criação, até certo ponto, de um novo sistema sustentável, como ressaltado por CAMPELLO (1996).

As gramíneas em geral possuem uma fotossíntese do tipo C₄, portanto, com crescimento acelerado e elevada produção de matéria seca, dando às gramíneas tropicais vantagens competitiva na utilização da energia solar (KRETSCHMER e PITMAN, 1995).

O sistema radicular das gramíneas é fasciculado com predomínio de ramificações na camada mais superficial do solo, contribuindo para a sua estruturação (GRAY e SORTIR, 1996).

De acordo com EINLOFT (1996), o volume de raízes desenvolvidas pelas gramíneas é superior ao da parte aérea, o que reforça a indicação deste grupo de plantas como meio de incrementar as condições físicas do solo.

Muitas leguminosas também apresentam crescimento rápido, comportando-se como pioneiras na cronosseqüência da sucessão vegetal, sendo de fácil manipulação por semente e tolerando condições ambientais extremamente adversas (CAMPELLO, 1996).

A maioria das leguminosas possui raízes pivotantes, principalmente as herbáceas. Por outro lado, espécies estoloníferas podem desenvolver raízes adventícias próximas aos nós do estolão formando uma estrutura radicular fibrosa (KRETSCHMER e PITMAN, 1995).

Além disso, as leguminosas associam-se com fungos e bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico que utilizam carboidratos, açúcares e aminoácidos da planta para redução do nitrogênio atmosférico e, em contrapartida, uma maior absorção de nutrientes pela planta, além de outros benefícios.

Conforme SOUZA (1997), as leguminosas apresentam maior contribuição para a produção de matéria seca da parte aérea do que as gramíneas. Elas destinam uma parcela maior da energia para o desenvolvimento de parte aérea e apresentam maior potencial para desenvolverem-se em camadas profundas e compactadas, devido ao seu sistema radicular pivotante.

Raízes pivotantes das leguminosas são úteis na descompactação de solos, bem como na melhoria de condições de infiltração, ancoramento, e movimentação de nutrientes ao longo do perfil do solo.

Para a presente pesquisa, as espécies utilizadas foram: *Brachiaria decumbens*, *Melinis minutiflora*, *Cajanus cajan* e *Stylosanthes guianensis*. As informações características de cada espécie serão descritas a seguir segundo ALCANTARA e BUFARAH (1988), KRETSCHMER e PITAN, (1995) e BOTREL, NOVAES e ALVIM (1998):

- *Brachiaria decumbens* Stapf. Nativa do leste da África naturalizou-se na América Latina e na Ásia, adaptada a condições úmidas (18 a 28° C e 1.100 a 1.400 mm de chuva/ano). É uma gramínea de hábito decumbente, bastante enfolhada, formando denso relvado de até 70 cm de altura. Possui exigência média em solos, boa tolerância a solos de baixa fertilidade, rápido estabelecimento e alta competição com plantas invasoras. Além disso, cresce bem em solos ácidos com saturação elevada em Al, adaptando-se àqueles argilosos ou arenosos e de profundidade razoável. Possui estolões e rizomas que podem espalhar-se rapidamente sob condições favoráveis produzindo densa cobertura que, por um lado, dificultam o crescimento de outras espécies. A aquisição de sementes de boa qualidade é fácil e sua produção é elevada. Esta espécie é susceptível ao ataque de cigarrinhas.

- *Melinis minutiflora* Beauv. De origem africana, foi introduzida no Brasil durante a colonização. Está adaptada às condições tropicais e subtropicais com temperaturas entre 18 e 27 °C e precipitação entre 800 a 4000 mm/ano. É uma gramínea de caules eretos ou ascendentes, freqüentemente muito ramificados, podendo ultrapassar 1,5 m de altura. Apresentou uma boa adaptação às condições locais de solo e clima, sendo atualmente encontrada desde o extremo norte ao extremo sul do país, vegetando solos ácidos pobres em fósforo e com níveis tóxicos de Al. Apresenta boa resposta à aplicação de fertilizantes, mas não tolera encharcamento. É uma forte competidora com vegetação nativa de mesmo hábito e porte. Espalha-se vegetativamente por rizomas e também por sementes. É bastante susceptível ao fogo, e é atacada por cochonilhas.

- *Cajanus cajan* (L) Millsp. Conhecido como feijão guandu, foi introduzido no Brasil e Guianas pela rota dos escravos, tornando-se largamente distribuído

e seminaturalizado na região tropical, sendo encontrado com frequência em todo o Brasil central. Seu centro de origem é a Índia, embora muitos autores afirmem ser nativo também da África e Ásia. É cultivado desde a região tropical até a subtropical sob condições de precipitação que vão de 500 mm até 1500 mm/ano, desenvolvendo-se bem numa faixa entre 20 e 40°C durante seu ciclo. A maioria das variedades floresce quando os dias apresentam de 11 a 12 horas de comprimento, já outras são insensíveis e florescem a qualquer época do ano. Dependendo da variedade, pode ser anual ou perene de vida curta, apresentando caule lenhoso, raiz pivotante que pode penetrar no solo um ou mais metros. Raízes finas e secundárias até 30 cm da superfície, apresentam nódulos que contém bactérias do gênero *Rhizobium*. As espécies estabelecem-se bem em solos com pH entre 5 e 8, mas apresentam melhor desempenho em solos aproximadamente neutros. A tolerância à seca é boa devido à profundidade do sistema radicular. Na estação seca, pode produzir queda de folhas. É susceptível a nematóides e alguns insetos.

- *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. Originada no Brasil, e sendo encontrada naturalmente na América do Sul e Central, até o México, é uma erva ou subarbusto perene atingindo altura superior a 1,5 m. É de porte ereto às vezes prostrado. É uma espécie de dia curto, crescendo rapidamente quando existem condições de temperaturas e chuvas de verão, produzindo larga quantidade de massa que, se não retirada, fica disponibilizada no solo, aumentando a fertilidade do mesmo. Possui boa nodulação por estirpes de *Rhizobium* em meio ácido com baixo teor de fósforo. Cresce melhor em solos moderadamente ácidos (pH > 5,0), mas não cresce bem sob condições de saturação de água contínua, sendo levemente tolerante à seca. É uma espécie susceptível à antracnose.

2.6. Efeitos da inclinação topográfica do terreno e a orientação solar no estabelecimento da vegetação

A variabilidade da radiação solar é um fator microclimático preponderante em taludes de corte, parecendo ser o fator topoclimático local mais importante para o sucesso de recuperação de taludes. A orientação do talude de corte e o grau de inclinação do terreno determinam o ângulo de

incidência da radiação solar e, então, o padrão de irradiação (CANO et al., 2002).

As principais razões de insucessos no estabelecimento da vegetação são seca, esterilidade e chuvas pesadas, que causam erosão dos solos de encostas e lavagem das sementes. Encostas muito íngremes tendem a sofrer mais déficit hídrico, porque a infiltração é baixa e o *runoff* é alto (ANH et al., 2002).

Como apontado no trabalho de OLIVEIRA et al. (1995), a variação da exposição solar da encosta atinge diretamente as condições edáficas locais. Além disso, a germinação de sementes e o crescimento de plântulas são muito sensíveis a estresses ambientais.

No estudo de CANO et al. (2002) realizado no norte da Espanha, verificaram-se diferenças marcantes na vegetação resultantes da exposição da encosta. Para encostas com inclinação SE, encontram-se valores mais elevados de cobertura, densidade e biomassa de plântulas do que para encostas com inclinação S. Estes autores concluíram que pequenas variações na exposição local podem afetar significativamente o estabelecimento da cobertura vegetal em curto prazo.

Taludes distanciados a poucas centenas de metros, embora pertencentes à mesma zona climática, podem variar drasticamente suas condições microclimáticas e influenciar a biologia dos organismos em todos os níveis (NEVO, 1997, apud AUSLANDER, et al. 2003).

Encostas voltadas para o norte, na latitude do Rio de Janeiro, recebem uma incidência de calor três vezes maior que as voltadas para o sul, segundo ARAGÃO (1961). Como resultado das diferenças de exposição, esperam-se alterações nas seguintes características (OLIVEIRA, et al., 1995):

- diferença de umidade na serrapilheira;
- incidência de calor;
- distribuição de espécies;
- utilização do solo;
- temperatura dos solos (diferenças pedogenéticas estruturais);
- exposição a ventos e massas de ar;
- susceptibilidade a incêndios;
- contaminação atmosférica.

Essa interferência implica em susceptibilidade variada aos diferentes fenômenos de superfície bem como à vulnerabilidade a incêndios.

2.7. Principais técnicas de revegetação de taludes

Para a revegetação ou vegetação de taludes, existem hoje no Brasil algumas metodologias que são mais empregadas, cada qual com suas vantagens e desvantagens. Nem sempre as propriedades particulares indicam qual metodologia é a mais apropriada, mas sim o acesso à informação, conhecimento técnico e disponibilidade de recursos por parte dos empreendedores.

No Brasil, ainda não há uma padronização técnica quanto ao estabelecimento de vegetação em taludes de corte de estradas. Os objetivos de cada empreendedor é que definem qual metodologia será utilizada. Esses objetivos podem variar desde um simples embelezamento de uma área jardinada, até ao estabelecimento de uma cobertura vegetal rica em espécies capazes de prover as condições necessárias para o desenvolvimento de todo um ecossistema auto-sustentável.

Destacam-se as seguintes metodologias para a proteção do solo e estabelecimento de vegetação em taludes de corte de estrada:

- Placa de grama;
- Plantio em covas/semeadura a lanço;
- Transposição de serrapilheira;
- Hidrossemeadura;
- Sacos de aniagem;
- “Geossintéticos”; e
- Outros.

Placa de grama

A placa de grama – porção de terra medindo cerca de 40 x 40 cm, com gramíneas enraizadas no solo (IBAMA, 1990) – é uma alternativa versátil que fornece bom recobrimento do solo. Sua função restringe-se a proteção da camada superior do solo contra o impacto direto das gotas de chuva e a ação eólica.

Em taludes mais íngremes, pode-se utilizar telas plásticas, fixadas por grampos ou chumbadores para a colocação da grama em placas. Como principal vantagem, tem-se o revestimento imediato do solo e do valor paisagístico. Como desvantagens, pode-se dizer que o custo é relativamente elevado e dificulta a entrada de outras espécies no sistema, inviabilizando a autosustentabilidade do local. O sistema radicular é pouco profundo e geralmente requer manutenção periódica (adubação).

A aquisição das placas de grama quase sempre se dá por intermédio de “grameiros” (fazendas produtoras de grama), que retiram a cobertura de uma área já existente, impactando-a.

Plantio em covas/semeadura a lanço

O preparo do solo para plantio consiste em distribuir as plântulas e/ou semente em covas, linhas ou sulcos. Também há a possibilidade de realizar um recobrimento aleatório de sementes sobre o talude.

Como vantagens, ressaltam-se a economia para as pequenas áreas e o favorecimento da entrada de novas espécies, conferindo uma maior biodiversidade – principalmente quando existirem áreas próximas potencialmente fornecedoras de propágulos – garantindo maior autosustentabilidade do sistema. Vale lembrar que esta prática não requer a utilização de mão de obra especializada.

Como desvantagem, destaca-se o aporte considerável de recursos para grandes áreas, o que muitas vezes a torna inaplicável. Observa-se também que o rendimento em áreas íngremes é baixo e que há ainda os riscos operacionais. Para aumentar a probabilidade de sucesso nas fases iniciais, recomenda-se acompanhamento técnico.

Transposição de serapilheira

Essa técnica consiste na retirada de serapilheira do solo de mata ou capoeiras naturais e transporte para o local a ser revegetado/vegetado.

Como vantagem, destaca-se a diversidade de espécies presentes no banco de sementes. Seu uso na revegetação protege a superfície do solo dos raios solares, conserva umidade e fornece micro e meso fauna ao solo (IBAMA, 1990). O ambiente criado facilita a autosustentabilidade do sistema. O custo é

relativamente baixo e a heterogeneidade de espécies e fauna associada incrementam o aspecto paisagístico.

Como desvantagem principal, destaca-se o dano ecológico causado no local de retirada, cujo impacto não foi ainda bem compreendido. Também se observa o uso restrito a pequenas áreas com declividade reduzida.

Hidrossemeadura

É a semeadura feita por via aquo-pastosa, com sementes de espécies herbáceas e outros materiais que induzem a fixação e crescimento das sementes e a retenção de umidade (fertilizantes, adesivos e geralmente celulose). A aplicação é feita com maquinário apropriado, consistido de tanque com pás agitadoras num eixo horizontal e moto-bomba para a aplicação da mistura (IBAMA, 1990).

Esta prática é recomendada para encostas de difícil acesso, geralmente compreendendo grandes áreas (CANO et al., 2002).

Taludes íngremes apresentam fortes restrições à incorporação de matéria orgânica, de adubos químicos e à fixação de sementes, por isso, o processo de hidrossemeadura tem sido recomendado para sua revegetação (IBAMA, 1990).

Os maiores fatores que influenciam a hidrossemeadura são os de ordem técnica, como tempo de semeadura, componentes não vivos da mistura, tipo, qualidade e número de sementes e fatores intrínsecos ao local como declividade, orientação, rugosidade e dureza do material.

As principais vantagens são a rapidez e a economia para grandes áreas, eficácia para locais de difícil acesso e custos relativamente baixos. Como desvantagens, há a necessidade de existência de fontes de água nas proximidades, necessidade de repasses para recobrimento de falhas, dificuldade de estabelecimento de espécies espontâneas, utilização de um número maior de sementes que o semeio manual e utilização de mão-de-obra especializada.

Toxicidade de fertilizantes e inibição por estabilizadores são alguns dos fatores bem conhecidos de baixa germinação de sementes e comprometimento do estabelecimento de plantas em talude hidrossemeados. Segundo CANO et

al. (2002), hidrossemeadura com plantas herbáceas parece não ser o caminho mais favorável para se alcançar uma rápida e densa cobertura vegetal.

Sacos de aniagem

A técnica consiste em preencher um saco de aniagem (geralmente com dimensões médias de 0,54 m de largura x 0,9 m de comprimento) com um substrato constituído de capim picado, terra, esterco, fertilizantes químicos e sementes. O substrato e a escolha de sementes são variáveis de acordo com os objetivos, criatividade e disponibilidade de recursos por parte do empreendedor.

Uma vez preenchidos, os sacos são costurados na boca (fechados) e no sentido longitudinal e transversal, compartimentalizando-o, pois desta forma, evita-se o deslocamento do substrato para a parte inferior do saco quando os mesmos são fixados no talude (a fixação se dá por meio de estacas de madeira, bambu ou metal) (SILVA, 1993).

Esta técnica tem como vantagens o revestimento imediato, diversidade biológica e fornecimento de substrato para os primeiros meses após a germinação das sementes, sendo bastante recomendada para o controle e a recuperação de voçorocas.

SOUZA (1997) recomenda o recobrimento do saco em xadrez em virtude do melhor condicionamento ao processo de sucessão vegetal (funcionando como ilhas de vegetação), melhorando o aspecto estético e reduzindo os custos.

Como desvantagem tem-se o custo relativamente elevado, baixo rendimento operacional – ergonomicamente problemático e tempo relativamente alto para costura e compartimentalização dos sacos – e dificuldades de fixação dependendo da inclinação e das condições físicas do talude (COSTA et al., 1997).

“Geossintéticos”

Os “geossintéticos” incluem uma série de sistemas que possuem diversas funções, tais como: controle da erosão (à qual será dado enfoque), retenção de sedimentos, impermeabilização, reforço do solo, confinamento de material entre outras.

A história dos “geossintéticos” não é recente. Em 1958, um componente foi incorporado a um sistema de controle de erosão, o qual mudou as práticas da proteção de encostas, canais e aterros (THEISEN, 1992).

Descobriu-se que o material usado para empacotamento de fardo de algodão poderia ser usado para prevenir erosão do solo. O material era a juta, uma malha grossa trançada de fios naturais, que quando aplicada à superfície do solo, provia centenas de micropoços que ajudavam a barrar o solo contra o carreamento (THEISEN, 1992).

HANNAN (1984) relatou o uso de malha de juta, betume e o uso de cobertura morta (*mulch*), como métodos especializados para revegetação de áreas íngremes. O autor verificou que esses materiais favoreciam a germinação, em virtude da eficiência na retenção de sementes e do condicionamento de umidade e temperatura.

Contudo, a juta possuía a desvantagem de deixar o solo exposto quando as fibras se abriam, bem como de ser extremamente inflamável (THEISEN, 1992).

Uma alternativa era combinar o uso das mantas com cobertura morta uma vez que essa associação favorece a sobrevivência de plantas. Este método estabiliza o solo e a superfície de encostas por garantir um maior número de sementes sobreviventes, facilitar o entrelaçamento de raízes maximizando a infiltração do escoamento superficial e pela interceptação das gotas de chuva e retardamento da velocidade do escoamento superficial (ANH et al., 2002).

Ao longo de várias tentativas de se descobrir qual o melhor material para solucionar os problemas técnicos de controle da erosão e facilitação do crescimento da vegetação, chegou-se ao polipropileno, pois a chave para o fornecimento de uma performance melhor do que a manta de juta é uma malha de plástico como espinha dorsal do produto (THEISEN, 1992).

Em casos onde *runoff* em forma de fluxo superficial causa erosão, produtos geossintéticos têm maior eficiência de proteção que a juta. Todavia, para conter o impacto direto das gotas de chuva, uma juta entrelaçada densa mostrou melhor eficiência em reduzir a erosão do solo que emaranhados (*mats*) sintéticos e “favos de mel” (*honeycomb*), estruturas sintéticas semelhantes a favos de mel que atuam no confinamento de partículas de solo.

A maioria dos “geossintéticos” tem a intenção de proteger temporariamente a superfície do solo contra o salpicamento e erosão laminar até que uma vegetação se estabeleça. Alguns são fotodegradáveis ou biodegradáveis num período de tempo relativamente curto após sua implantação sendo utilizados geralmente em taludes moderados com velocidades baixas de fluxos. Já outros permanecem no local por um período de tempo considerável podendo trabalhar sem a necessidade de vegetação, ou em conjunto com esta que cresce através do produto fazendo parte do sistema como *mats* (emaranhados), *meshes* (malha, entrelaçado), *blankets* (mantas) e *cells* (células) (WEGGEL e RUSTOM, 1992).

Quando os “geossintéticos” são de natureza temporária, facilitam o desenvolvimento da vegetação quando degradados, podendo sendo chamados de TERMS (*Temporary Erosion and Revegetation Materials*). Basicamente, os TERMS são constituídos de componentes sintéticos ou naturais que fornecem controle temporário contra a erosão e facilitam o estabelecimento vegetativo (THEISEN, 1992).

Em condições locais que requerem vegetação reforçada ou sistemas de revestimento, pode-se apontar a utilização de PERMs (*Permanent Erosion and Revegetation Materials*), que podem ser subdivididos em *biotechnical composites*, quando a vegetação é reforçada ou *armour systems*, quando materiais inertes não vegetativos são instalados (THEISEN, 1992).

À medida que os “geossintéticos” vão criando condições para o restabelecimento dos elementos orgânicos das encostas e da vida na superfície do solo, eles se tornam também responsáveis pela renovação da qualidade visual do cenário (FORTES, 2000).

Mantas para controle da erosão são construídas de uma variedade de fibras orgânicas ou sintéticas, degradáveis ou não que podem ser costuradas, coladas ou estruturalmente ligadas a malhas ou redes (GRAY e SORTIR, 1996). Essas mantas geralmente são comercializadas em rolos, facilitando sobremaneira sua aplicação, podendo ainda estarem impregnadas com sementes e fertilizantes.

Como vantagens, destacam-se a rápida aplicação, o controle imediato da erosão, a elevada eficiência, além da utilização em conjunto com outras práticas, como hidrossemeadura e plantio manual.

Como desvantagem, observam-se os custos elevados, geralmente com as despesas com o transporte do material e a carência de informação por parte dos empreendedores.

Outras práticas

O crescimento das espécies em condições de taludes íngremes pode ser favorecido pela associação com húmus ou composto orgânico. O composto de lixo não se apresenta apenas como fonte de nutrientes e matéria orgânica para o solo, mas possui também propriedades adesivas e capacidade de acondicionamento de umidade, facilitando o desenvolvimento da vegetação e a provável estabilização dessas áreas geralmente degradadas (PEREIRA NETO et al., 1997).

Trabalhos vêm sendo realizados para desenvolver e aplicar produtos sintéticos com capacidade de duplicar os efeitos dos polímeros naturais (substâncias como polisacarídeos e poliuronóides que promovem a estabilidade dos agregados ao unirem partículas do solo em seu interior e revestirem as suas superfícies). Onde a agregação ou a estabilidade de agregados é deficiente, os polímeros sintéticos, condicionadores do solo, podem ajudar na estabilização ou formação artificial de agregados (HILLEL, 1998).

Os condicionadores do solo têm como propósito combater a escassez hídrica, diminuindo a competição por este elemento entre plântulas de espécies vegetais mais agressivas. O seu uso gera condições para que a água acumulada no período chuvoso possa ser disponibilizada para as plantas no período de estiagem (TRAVISOL et al., 2002). Os mecanismos pelos quais as várias formulações poliméricas podem estabilizar agregados incluem reações eletrostáticas ou de troca, pontes de hidrogênio e forças de van der Waals (GREENLAND, 1965 apud HILLEL, 1998).

Dentre as técnicas de revegetação de taludes mais empregadas no Brasil, os investimentos para a aplicação variam bastante, dependendo basicamente da mão de obra empregada, matéria-prima e “grau de industrialização” do produto utilizado. Os custos estimados, segundo DIAS (2002¹), para as técnicas mais empregadas no Brasil podem ser visualizados no Quadro 4.

¹ DIAS, L.E. (Notas da disciplina Recuperação de Áreas Degradadas oferecida pelo Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa).

Quadro 4 – Custos das principais técnicas de revegetação de taludes empregadas no Brasil

Técnica	Custos (R\$)/m²
Placa de grama	4,00
Plantio em cova/semearura a lanço	0,35
Plantio de mudas	0,20
Transposição de serrapilheira	não quantificada
Hidrosemearura	0,86
Sacos de aniagem	4,00
Geotêxteis	1,60 a 9,00
Outras práticas	não quantificada

3. OBJETIVOS

Esta pesquisa foi inspirada na busca de soluções para o controle da erosão e estabilização de encostas e taludes por meio da contenção experimental de um talude latossólico, típico das áreas planálticas e úmidas brasileiras.

A meta foi proporcionar uma combinação melhor de elementos vivos e inertes na formação de uma cobertura vegetal, visando a proteção do solo contra a erosão superficial hídrica, com conseqüente participação na manutenção da estabilidade do talude.

A pesquisa teve como objetivo, ainda, avaliar o comportamento de diferentes produtos comerciais para a proteção do solo e o estabelecimento de cobertura vegetal.

As hipóteses lançadas neste trabalho foram:

- O uso de geotêxteis reduz o processo erosivo e cria condições mais favoráveis para a germinação de sementes e estabelecimento de plantas;

- Entre os produtos testados, a manta Fibrax[®] possui maior eficiência que a Tela Biotêxtil[®] e esta maior que a MacMat[®] no controle da perda de solos devido à densidade de cobertura do solo, proporcionado pela disposição dos constituintes dos produtos;

- A Tela Biotêxtil[®] terá maior eficiência que a Fibrax[®] e esta maior que a MacMat[®] em relação ao volume de suspensão de água + solo escoado, uma

vez que o material é mais hidrofílico e mais poroso, retardando a velocidade da água;

- As espécies vegetais apresentarão diferentes capacidades de cobertura e proteção de solo contra processos erosivos, aumentando a eficiência dos produtos utilizados quando aplicadas em conjunto com estes;

- O estabelecimento de espécies vegetais será mais vigoroso no tratamento com a manta Fibrax[®] que na manta MacMat[®], em consequência da provável lavagem de sementes em detrimento da metodologia de semeadura.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área experimental

A área experimental localiza-se no Campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa-MG, no talude de corte do novo acesso ao Campus – Via Alternativa de Trânsito da Vila Gianetti – que interliga a Vila Gianetti à Avenida Marechal Castelo Branco. Para construir tal acesso, foi necessário abrir um corte em uma área de encosta côncavo-convexo.

O município de Viçosa está inserido na Zona da Mata de Minas Gerais e integra morfoestruturalmente o domínio dos planaltos cristalinos rebaixados, cujos mantos de alteração profunda situam-se sobre rochas cristalinas datadas do período Pré-Cambriano (IBGE, 1977).

O relevo da região com topografia ondulada variando de suave a forte – denominado como “mar de morros” – é o resultado da combinação de condições climáticas predominantemente úmidas, alternadas com períodos de seca, atuantes em uma vegetação florestal densa. A vegetação se desenvolve sobre um substrato gnáissico profundamente alterado, onde os processos de intemperismo resultaram em manto de alteração ou saprolito, tão característico da Zona da Mata Mineira, com profundidades que alcançam mais de 100 m (IBGE, 1977).

A altitude média da cidade de Viçosa é cerca de 651 m. O clima é úmido e apresenta duas estações bem distintas, uma chuvosa, incidente sobre os

meses mais quentes (outubro a março), e outra seca, incidente sobre os meses mais frios (abril a setembro). A pluviosidade média anual varia entre 1.200 a 1.500 mm e a temperatura média entre 21,8 e 19,5°C.

Para caracterização física do local de estudo, efetuou-se um levantamento topográfico com o auxílio de uma “Estação Total” TOPCON, modelo GTS212, sendo o processamento dos dados feito pelo software Topograph, 2ª edição (TG98SE).

Os dados climatológicos utilizados na pesquisa foram obtidos na Estação Climatológica da UFV.

Considerando-se a uniformidade aparente do terreno, a declividade em um local bem representativo da área é de 112 %, medida com o auxílio de um nível de mangueira, trena e duas balizas graduadas.

O talude possui aproximadamente 122 m de extensão por 10 de comprimento de rampa.

Para a implantação dos produtos comerciais utilizados, procedeu-se uma suavização das irregularidades do talude para evitar possíveis concentrações de água sob os mesmos e conseqüentemente, problemas erosivos. Para tal, utilizou-se enxada e equipamentos “caseiros” de *rappel* (técnicas de montanhismo) para raspar as ranhuras da superfície deixadas pela retroescavadeira no momento do corte.

A caracterização da área experimental foi diferenciada de acordo com os experimentos: 1) Escoamento Superficial: comparação de três produtos comerciais presentes no mercado quanto à proteção do solo contra a erosão superficial hídrica; e 2) Estabelecimento de Plantas: avaliação do estabelecimento de quatro espécies vegetais em dois dos três produtos comerciais utilizados no experimento Escoamento Superficial.

Para o experimento *Escoamento Superficial*, procedeu-se à coleta de seis amostras da camada superior do solo (0-20 cm), sendo três no terço superior e três no inferior da face do talude, distribuídas ao longo da área de implantação das parcelas, com o objetivo de caracterizá-las para posterior comparação com os dados amostrados.

O resultado médio das análises química e física dos seis pontos amostrados pode ser visualizado no Quadro 5.

Quadro 5 – Caracterização do solo das parcelas do experimento *Escoamento Superficial*

Determinação ^{1/}	Valores médios
Al ³⁺ (cmolc/dm ³)	1,34
Ca ²⁺ (cmolc/dm ³)	0,23
Mg ²⁺ (cmolc/dm ³)	0,13
P (mg/dm ³)	9,18
K(mg/dm ³)	4,21
Matéria Orgânica (dag/kg)	1,86
pH em água	5,34
H + Al	2
Composição Granulométrica	Porcentagem
Areia Grossa	17
Areia Fina	10,5
Silte	7
Argila	66

^{1/} Al³⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ extraídos com KCl 1 mol/L, P e K disponíveis extraídos com Mehlich – 1 e matéria orgânica determinada a partir do teor de carbono orgânico (MO = CO x 1,724) obtidos pelo método Walkley e Black modificado (DEFELIPO e RIBEIRO, 1981).

Para o experimento *Estabelecimento de Espécies Vegetais*, procedeu-se a uma amostragem composta do solo em cada uma das quatro áreas (blocos) onde as unidades experimentais foram distribuídas. Os resultados das análises podem ser visualizados no Quadro 6.

Quadro 6 – Caracterização química e física de uma amostra composta do solo para cada bloco do experimento *Estabelecimento de Espécies Vegetais*: A₁, A₂, C₁ e C₂

Determinação ^{1/}	Bloco			
	A ₁	A ₂	C ₁	C ₂
pH em água (1: 2,5)	4,6	5,5	5,1	5,6
Al ³⁺ (cmolc/dm ³)	0,6	0	0	0
H + Al (cmolc/dm ³)	5,3	1,7	4,0	2,0
Ca ²⁺ (cmolc/dm ³)	0,36	0,0	0,14	0,2
Mg ²⁺ (cmolc/dm ³)	0,23	0,06	0,17	0,1
P (mg/dm ³)	0,7	5,9	3,2	10,1
K(mg/dm ³)	20	8	8	7
P-rem (mg/L)	9,8	3,2	6,5	4,1
MO (dag/Kg)	0,37	0,37	1,0	0,37
Composição Granulométrica	Porcentagem			
Areia Grossa	27	17	13	15
Areia Fina	5	11	9	9
Silte	10	11	10	13
Argila	58	61	68	63

^{1/} Al³⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ extraídos com KCl 1 mol/L, P e K disponíveis extraídos com Mehlich-1 e matéria orgânica determinada a partir do teor de carbono orgânico (MO = CO x 1,724) obtidos pelo método Walkley e Black modificado (DEFELIPO e RIBEIRO, 1981).

4.2. Delineamento experimental

No experimento *Escoamento Superficial*, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três repetições.

Os tratamentos adotados foram:

- Testemunha (solo exposto).
- MacMat[®] com plantas.
- Fibrax[®] com plantas.
- Tela Biotêxtil[®] (abreviação utilizada daqui a diante – TelaBiot) com plantas.
- MacMat[®] sem plantas.
- Fibrax[®] sem plantas.

Buscou-se avaliar o volume de água escoada, massa, fertilidade e textura média dos sólidos erodidos e, nas unidades amostrais, densidade do solo, macro e microporosidade, condutividade hidráulica em meio saturado, equivalente de umidade e curva de retenção de água no solo.

As espécies utilizadas nos diferentes tratamentos consistiram em um consórcio de *Brachiaria decumbens* Stapf. (valor cultural – vc – 76 %) + *Melinis minutiflora* Beauv. (vc 12 %) + *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. var. *vulgaris* cv. Mineirão (vc 56 %) + *Cajanus cajan* (L.) MILLSP (vc 59%), na proporção 1:1, corrigida pelo número de sementes baseado no valor cultural.

A escolha das espécies baseou-se na nas características morfo-fisiológicas e potencial de adaptação edafoclimáticas para a revegetação de taludes, tais como crescimento rápido, boa produção de raízes e parte aérea, bem como resistência a solos ácidos pobres em nutrientes.

Para o experimento *Escoamento Superficial* utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados no esquema fatorial 6 X 2 + 2, sendo seis tipos de cobertura vegetal, distribuídas em duas mantas antierosivas com mais dois tratamentos adicionais testemunhas - mantas sem planta. Cada bloco incluiu as extremidades “laterais” do talude, ao longo do horizonte B e suas interfaces com o A e o C.

A descrição dos tratamentos com suas respectivas coberturas pode ser visualizada no Quadro 7.

Quadro 7 – Descrição dos tratamentos avaliados no experimento *Estabelecimento de Espécies Vegetais*

Tratamento	Espécie	Mantas
1	<i>B. decumbens</i> (A)	MacMat®
2	<i>Melinis minutiflora</i> (B)	MacMat®
3	<i>S. guianensis</i> (C)	MacMat®
4	<i>C. cajan</i> (D)	MacMat®
5	A + B + C + D	MacMat®
6	B + C + D	MacMat®
7	A	Fibrax®
8	B	Fibrax®
9	C	Fibrax®
10	D	Fibrax®
11	A + B + C + D	Fibrax®
12	B + C + D	Fibrax®
13 (Testemunha)	-	MacMat®
14 (Testemunha)	-	Fibrax®

Neste experimento, buscou-se avaliar o efeito dos tratamentos tomando-se as seguintes variáveis: altura média das plantas, número de indivíduos, biomassa da parte aérea e um valor categórico de cobertura vegetal (Índice de cobertura), variando de 0 a 7, onde: 0, sem plantas; 1, cobertura muito baixa; 2, cobertura baixa; 3, cobertura média-baixa; 4, cobertura média; 5, cobertura média alta; 6, cobertura alta e 7, cobertura muito alta.

A área experimental dos dois experimentos ocupou ao todo aproximadamente 530 m² com 74 unidades experimentais. Destas, 18 parcelas de 8,5 x 2 m foram utilizadas para o experimento *Escoamento Superficial* e 56 de 2 x 2 m para o experimento *Estabelecimento de Espécies Vegetais*.

4.3. Descrição dos produtos, tratamentos e instalação das parcelas

A Figura 1 ilustra os produtos utilizados nos experimentos. A seguir são descritos esses produtos de acordo com os catálogos comerciais fornecidos pelas duas empresas representadas.

As mantas foram fixadas no talude de acordo com as recomendações dos fabricantes. A manta MacMat® foi fixada diretamente sobre o solo por meio de grampos de metal, antes de receber o substrato de preenchimento, e, para



- (A) Tela Fibrax[®] (400BF) - um biotêxtil constituído de fibras de coco. As fibras são entrelaçadas por meio de fios de polipropileno formando uma trama resistente. É um produto com degradabilidade lenta, 24 e 60 meses, desenvolvido pela Deflor Bioengenharia para várias finalidades, dentre elas, recobrimento de taludes de restrição na inclinação (DEFLOR BIOENGENHARIA, 2002).
- (B) MacMat[®] - é uma manta tridimensional composta de filamentos grossos de polipropileno revestidos com negro de fumo que retardam sua fotodegradação. É um produto desenvolvido pela MacCaferrri América Latina para revestimentos de taludes com solos finos sem coesão e inclinação suave (MACCAFERRI do BRASIL, 2002).
- (C) Tela Biotêxtil[®] - também desenvolvido pela Deflor Bioengenharia. É um produto formado com material vegetal fibroso picado (palha), coeso por meio de agregantes orgânicos. A durabilidade é temporária, 12 a 24 meses, e apresenta diversas finalidades, dentre elas, recobrimento de taludes com média inclinação (DEFLOR BIOENGENHARIA, 2002).

Figura 1 – Mantas antierosivas para controle da erosão utilizadas nos experimentos. (a) Fibrax[®], (b) MacMat[®] e (c) Tela Biotêxtil[®].

a manta Fibrax[®] e TelaBiot, o processo consistiu em fazer pequenas covas com o bico da enxada na superfície do talude (aproximadamente 10 X 10 X 10 cm), enchê-las com o substrato de preenchimento e cobri-las com as mantas, que também foram fixadas no talude por meio de grampos metálicos. O processo de aplicação do substrato nas mantas pode ser visualizado nas Figuras 2 e 3.

Os grampos metálicos de fixação foram confeccionados com diferentes materiais, de acordo com a disponibilidade, variando de arames de aço números 10 e 12 a vergalhão de construção ¼ de polegada, cortados e dobrados em forma de “U” invertido com cerca de 15 cm de comprimento.

O substrato de preenchimento foi composto de solo peneirado (material proveniente da raspagem do talude para sua homogeneização), areia lavada, sementes e fertilizantes (dose equivalente a 800 kg/ha da fórmula granulada de 4-14-8).



Figura 2 – Preenchimento da manta MacMat[®] com o substrato.



Figura 3 – Preenchimento das covas com substrato.

O volume de substrato e a proporção de terra e areia variaram entre as mantas. Foram duas partes de terra para uma de areia na MacMat[®] e quatro partes para uma para as mantas Fibrax[®] e TelaBiot. Essas proporções conferiram boa consistência para o substrato e, no caso específico do tratamento com a manta MacMat[®], uma coesão que permitisse fácil aderência na manta, e um “torroamento” não muito rígido quando seco.

As parcelas do tratamento Testemunha tiveram suas laterais delimitadas por meio de tiras de chapa de folha de zinco nº 18, com 11,66 cm de altura (Figura 4), pois desta maneira, procurou-se diminuir significativamente a passagem de material proveniente de outras parcelas. Essas tiras foram presas ao talude também por meio de grampos de metal.



Figura 4 – Fita de metal delimitadora das parcelas do tratamento testemunha.

Um croqui esquemático do talude mostrando a distribuição das parcelas nos dois experimentos, a delimitação dos horizontes Bw, Bc e Cr, e a vegetação presente na crista dividida em: zona 1 – constitui-se predominantemente de gramíneas; zona 2 – com dominância de espécies arbóreas; e zona 3 – com espécies herbáceas e arbustivas – pode ser observado na Figura 5, e os experimentos em campo na Figura 6.

4.4. Coleta e determinação das variáveis analisadas

4.4.1. Experimento escoamento Superficial

Na porção inferior de cada parcela foi instalado um sistema coletor formado por uma calha em folha de zinco, um balde de plástico (60 L) para a coleta da suspensão de água e solo escoado e, para impedir a entrada de água de chuva no sistema, foi acoplada uma proteção para a calha (estrutura de madeira coberta com plástico, em forma de triângulo). O sistema coletor pode ser observado na Figura 7.

A calha coletora, com 10 cm de altura nas margens por 80 de largura e 90 de comprimento, foi instalada imediatamente abaixo da extremidade inferior da parcela, na região central, deixando uma área de bordadura de 60 cm de cada lado. As calhas tiveram cerca de 2 cm de sua extremidade superior dobrada para baixo (formando um ângulo de 90°), que foi enterrada no talude

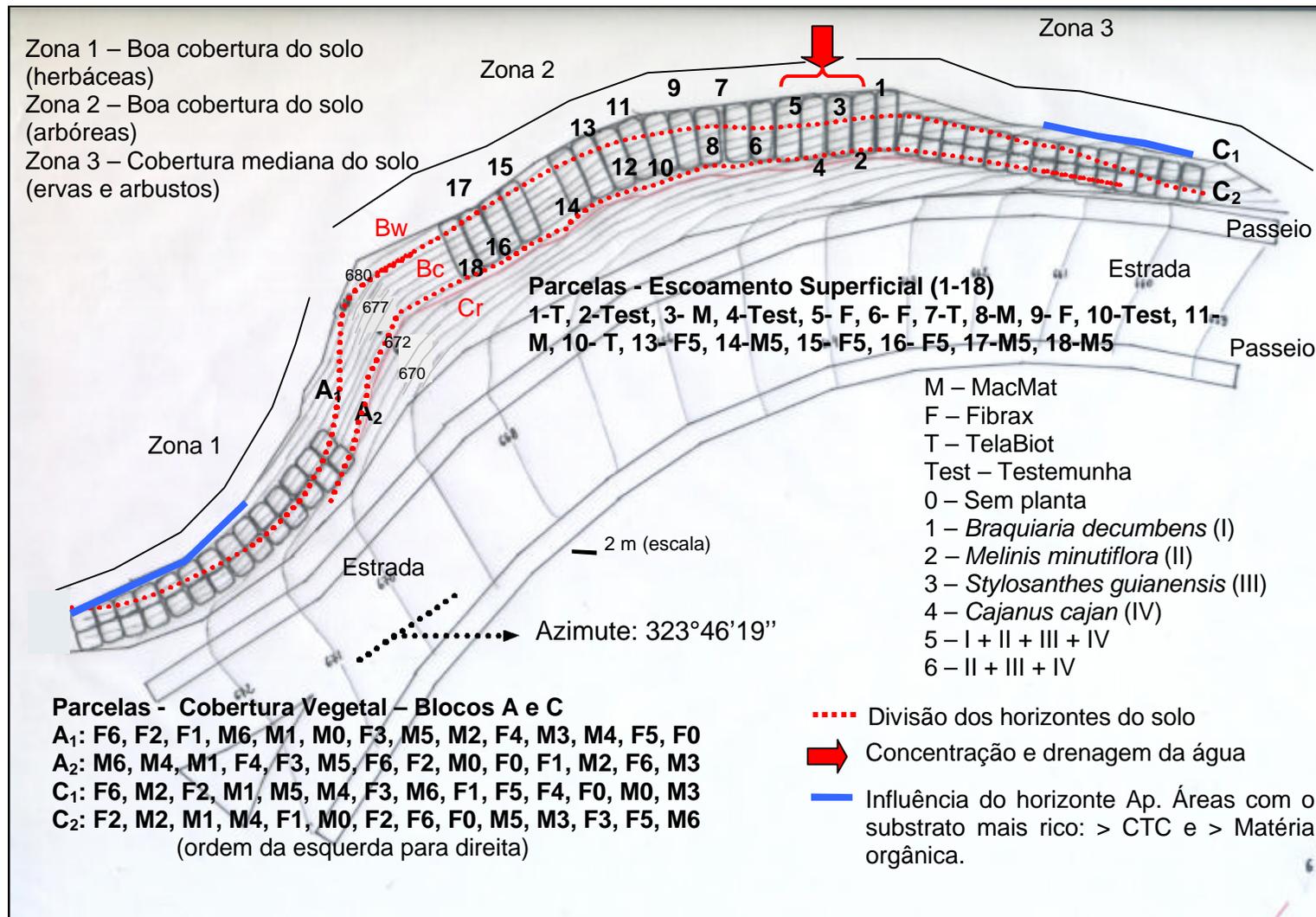


Figura 5 – Localização das parcelas experimentais e definição de zonas de vegetação diferenciadas, no talude de estudo na Via Alternativa de trânsito da Vila Gianetti, Viçosa-MG.



Figura 6 – Distribuição dos experimentos no talude da Via Alternativa. (A) e (B) Estabelecimento de vegetação, (C) Escoamento superficial.



Figura 7 – Sistema coletor do escoamento superficial.

para sua fixação, que se deu por meio de 3 pregos com 10 cm de comprimento e $\frac{1}{4}$ de polegada de diâmetro com parte da extremidade dobrada em “S”. Um esquema representativo da calha pode ser visualizado na Figura 8.

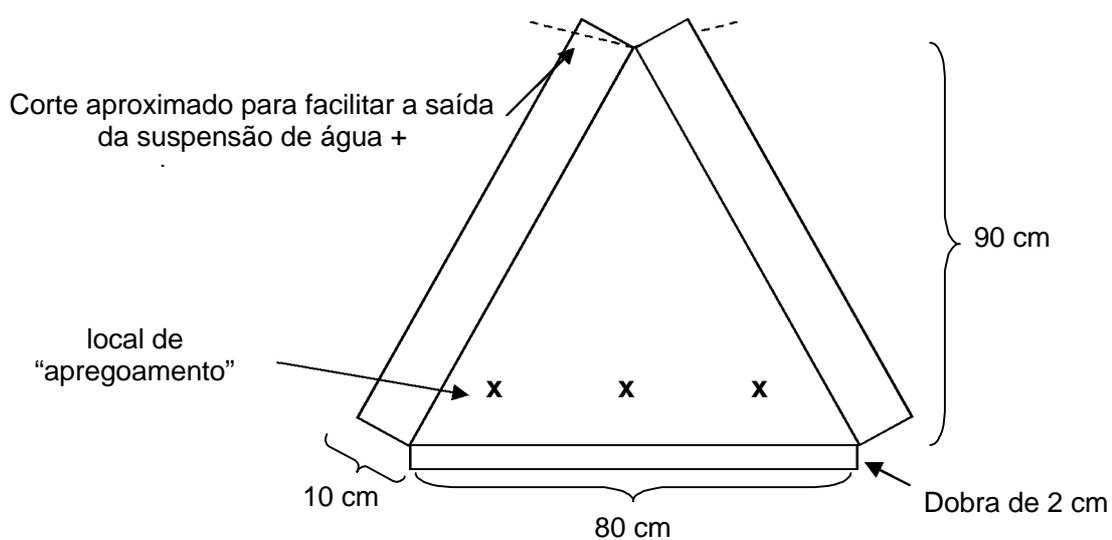


Figura 8 – Esquema da calha coletora com suas dimensões.

Na tampa de cada coletor, foi aberto um orifício para a entrada da suspensão de água + solo (cerca de 10 cm de diâmetro), cada um deles cobertos com pequenas tiras de plástico para diminuir a perda de água por evaporação (Figura 9). Pelo mesmo motivo, os coletores foram pintados de branco para diminuição do calor interno e, conseqüentemente, da perda de água.



Figura 9 – Orifício aberto na tampa do coletor.

Os coletores foram calçados no talude em plataformas cavadas no solo. Para algumas parcelas, foi necessário utilizar fragmentos rochosos e pedaços de madeira para posicionar o coletor corretamente, ou seja, de modo que a calha desembocasse dentro do coletor (Figura 10).



Figura 10 – Orifício de entrada da calha na tampa do coletor.

Para a determinação em campo do volume de água escoado, colou-se uma fita métrica dentro de cada coletor, sempre na mesma posição, para a leitura da altura do nível d'água (Figura 11).



Figura 11 – Processo de medição indireta do volume de água escoado.

Como os coletores utilizados foram diferentes entre si, foi realizada uma calibração para cada tipo. A calibração dos coletores consistiu em encher os baldes litro a litro, anotar sua altura correspondente e ajustar uma curva de regressão (quadrática). Tomando as alturas como variável independente e o volume (L) como variável dependente, gerou-se uma curva para cada tipo de coletor, que foi então utilizada para calcular o volume de água escoado (base na altura do nível d'água lida em campo).

Os eventos de coleta de suspensão de água + solo foram aqueles que não produziram volume de suspensão superior à capacidade dos coletores (60 L). Mediram-se as perdas de água e solo praticamente após cada evento chuvoso. Porém, em algumas situações, o volume de água escoado e a massa de sólidos erodidos eram tão poucos, que se optou por deixar os coletores no campo aguardando mais eventos até dar para coletar o material.

Ao todo foram realizadas 12 coletas do escoamento superficial. Mas para efeito de análise, desconsideraram-se as três primeiras por problemas verificados na conexão da calha com o coletor em algumas parcelas. A quinta coleta foi desconsiderada por ter tido muitas parcelas perdidas sem condições de medição (coletores desalinhados ou tombados).

Após a leitura do nível da água dentro do balde, retirou-se uma amostra de aproximadamente dois litros (uma garrafa PET) da suspensão, água + solo, homogeneizada. As amostras, após serem armazenadas, foram identificadas e encaminhadas aos Laboratórios de Física e de Química do Solo do Departamento de Solos da UFV, para a determinação da massa de sólidos, conforme se mostra a seguir:

- Massa de sólidos erodidos: as amostras foram deixadas em repouso para decantação por cerca de 24 h. Em seguida, o sobrenadante foi sifonado com mangueira em proveta de 1000 mL e o solo mais a água restante foram transferidos para *beckers* de 500 mL. Volumes conhecidos de água eram adicionados às garrafas PET para a retirada das partículas aderidas à parede do frasco. Os *beckers* previamente tarados foram então pesados e postos a secar em estufa a 105°C com ventilação forçada. O volume de água da amostra foi calculado através da diferença de peso do *becker* com e sem água. Considerou-se a densidade da água igual a 1, subtraindo-se o “peso” (volume) da água adicionada para lavagem. A massa de solo na amostra foi calculada por diferenças de peso, multiplicado pelo volume total coletado, seguindo regra de três.

As variáveis de solos levantadas no experimento, tanto para a caracterização do talude quanto para o solo retido nos coletores, com suas respectivas metodologias, podem ser visualizadas no Quadro 8.

Quadro 8 – Análises de solo com suas respectivas metodologias empregadas nas avaliações experimentais

Análise	Metodologia
Densidade do solo e de partículas	Embrapa (1997)
Textura	Ruiz (2004)
Macro e microporosidade	Embrapa (1997)
Condutividade hidráulica em meio saturado	Embrapa (1997)
Cálcio e magnésio ^{1/} trocáveis	Espectrofotometria de absorção atômica ^{4/}
Potássio ^{2/} trocáveis	Fotometria de chama ^{4/}
Fósforo disponível ^{2/}	Colorimetria
Carbono orgânico ^{3/}	Defelipo e Ribeiro (1981)
Alumínio trocável	Defelipo e Ribeiro (1981)

^{1/} Extrator KCl 1mol/L.

^{2/} Extrator Mehlich-1.

^{3/} Método Walkley-Black.

^{4/} Embrapa (1997).

Entre as coletas 7 e 8, foi construída uma canaleta de drenagem com cerca de 6 metros de comprimento, 0,2 m de profundidade por 0,3 m de largura, paralela à crista do talude para corrigir um problema de drenagem ocorrido na transição entre as zonas de vegetação 2 e 3 (Figura 5).

Em virtude da quantidade insuficiente de solo para as determinações físicas e químicas, as amostras coletadas foram reunidas e renumeradas em dois grupos, um formado pelas coletas anteriores à construção da calha, coletas 1, 2 e 3, e o outro pelas coletas posteriores, coletas 4, 5, 6, 7 e 8.

A pluviosidade considerada por coleta foi o somatório das precipitações ocorridas no tempo de exposição dos coletores, e a intensidade máxima da chuva em 30 minutos, a máxima ocorrida neste período. Os dados de temperatura e precipitação no período experimental, dezembro de 2003 a março de 2004, estão na Figura 12.

4.4.2. Estabelecimento de espécies vegetais

As sementes utilizadas nos dois experimentos foram as mesmas e tiveram várias procedências. Sementes de *Stylosanthes guianensis* foram cedidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa/Gado de Corte), *Cajanus cajan*, pela empresa BH sementes, *Melinis minutiflora*, coletadas no Setor de Forragicultura do Departamento de Zoologia da UFV e *Brachiaria decumbens*, doadas pela empresa Sementes Facholi. O valor cultural das espécies utilizadas foi, respectivamente, 76 %, 12 %, 51 % e 59 %.

As sementes foram analisadas no Laboratório de Análise de Sementes do Setor de Silvicultura do Departamento de Engenharia Florestal da UFV. O método seguiu o MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA (1992), porém, ao invés de se utilizar quatro repetições de 100 sementes para o cálculo da porcentagem de germinação, utilizaram-se quatro de 25, procedimento realizado com frequência no Setor.

Embora as sementes de *M. minutiflora* possuíssem arista, considerou-se, como para as outras espécies, 100% de pureza.

A taxa de semeadura teve como referência o número de sementes puras viáveis em 30 kg de *B. decumbens* por hectare. Essa referência foi a estratégia adotada para minimizar as variações de número de sementes por unidade de

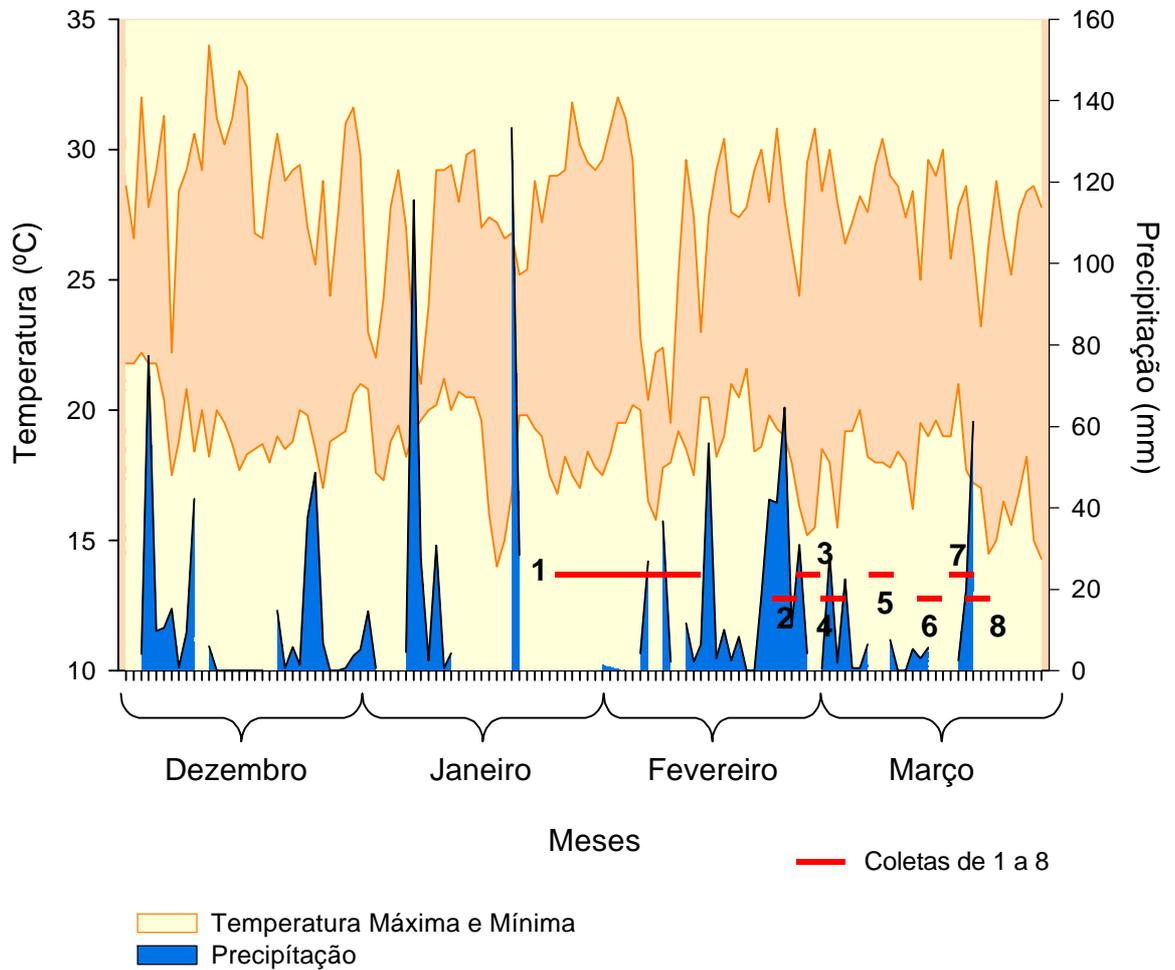


Figura 12 – Temperatura e precipitação pluvial em Viçosa-MG no período de dezembro/2003 a março/2004. Os números no interior do gráfico representam as coletas.

peso. Tomou-se *B. decumbens* como referência devido ao tamanho “médio” de suas sementes em comparação com as outras utilizadas na pesquisa.

As variáveis altura média (Alt) e número de indivíduos (Ind) foram mensuradas duas vezes, em meados do período chuvoso – 65 dias após semeadura – Alt 1 e Ind1, e em meados do período do seco – 207 dias após semeadura – Alt 2 e Ind 2. A estimativa da cobertura e a coleta da parte aérea para cálculo da biomassa se deram apenas uma vez, em meados de julho – 209 dias após semeadura.

Para as testemunhas (mantas sem vegetação) e os consórcios de sementes utilizados, não houve distinção de espécies, ou seja, levantou-se as variáveis considerando todas as espécies testadas presentes na área amostral sem distinção, ao final trabalhando com a média das características.

A área amostral foi de 1 m² determinado no centro de cada parcela. Um quadrado de PVC com 1 m de lado foi construído e utilizado como gabarito para delimitação da área no centro das parcelas, e pinos de ferro pintados de branco, com aproximadamente 50 cm de comprimento, foram fixados nas “quinas” da área amostral para sua demarcação.

A altura das plantas foi tomada de forma aleatória dentro da área amostral, com o auxílio de um pedaço de tubo PVC com uma fita métrica colada em sua superfície.

Em virtude da dificuldade de casualização de áreas de amostragem dentro da unidade amostral, para avaliar a biomassa, optou-se por coletar toda a metade longitudinal, 0,5 m², da área amostral de 1 m², conforme sorteio do lado.

As partes aéreas das plantas presentes na área selecionada foram cortadas o mais rente possível da superfície da manta, separadas por espécie ainda em campo quando eram dos tratamentos testemunha, e acondicionadas em sacos de papel até o momento de secagem. No laboratório, o material vegetal foi secado em estufa com circulação forçada de ar a 75° C, por três dias, e, em seguida, pesado em balança com precisão de centígrama.

4.4.3. Levantamento florístico de uma faixa de vegetação na crista do talude

Com a finalidade de caracterizar a área à montante do experimento, foi realizado um levantamento florístico de uma faixa de 10 m de largura a partir da borda superior do talude.

A identificação do material se deu através de comparações dos espécimes com bibliografia especializada (KISSMAN, 2000; LORENZI, 2000).

4.5. Análise dos dados

Os dados do experimento *Escoamento Superficial* foram analisados por meio de contrastes ortogonais e comparação das médias pelo teste de Tukey a

5 e 1% de probabilidade.

Os contrastes testados foram:

C₁: Testemunha v_s MacMat[®] + Fibrax[®] + MacMat^{®*} + Fibrax^{®*} + TelaBiot*;

C₂: TelaBiot* v_s MacMat[®] + MacMat^{®*} + Fibrax[®] + Fibrax^{®*};

C₃: MacMat[®] + MacMat^{®*} v_s Fibrax[®] + Fibrax^{®*};

C₄: MacMat[®] v_s MacMat^{®*};

C₅: Fibrax[®] v_s Fibrax^{®*}.

* com plantas.

Os dados do experimento Estabelecimento Espécies Vegetais foram submetidos à análise de variância com desdobramento das interações significativas e comparação das médias pelo teste de Tukey, a 5 e 1% de probabilidade, e Dunnette, a 5% para comparação das testemunhas com os outros tratamentos.

As análises estatísticas foram processadas nos programas SAEG, versão 9.0, e STATISTICA, versão 6.0.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Escoamento superficial

As coletas da suspensão água + solo utilizadas nas análises, em ordem cronológica com suas respectivas datas, quantidade e intensidade máxima de chuva em 30 min, podem ser visualizadas no Quadro 9.

Quadro 9 – Precipitação pluvial e intensidade máxima de chuva nas diferentes coletas

Coletas	Datas	mm	mm/30'
1	27/01-13/02/04	116,8	20
2	23-26/02/04	60,5	40
3	27-28/02/04	10,8	10
4	02-04/03/04	28,9	8
5	06-08/03/04	1,4	7
6	10-15/03/04	12,8	1
7	16-21/03/04	28,1	3
8	22-23/03/04	61,2	20
Total		320,5	

A grande variação na intensidade das precipitações (Quadro 9) teve reflexos diretos no volume de suspensão água + solo escoado, bem como na massa de sedimentos carregados após as chuvas, variando com os tratamentos aplicados (Quadro 10). Desta maneira, houve eventos chuvosos em que o

Quadro 10 – Volume de suspensão escoada e massa de solo perdida para as oito coletas, considerando os diferentes tratamentos aplicados

Tratamento	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4	Coleta 5	Coleta 6	Coleta 7	Coleta 8	Total
Volume de suspensão escoada (L/parcela)									
a) Solo descoberto	4,49	46,76	9,71	19,2	6,38	3,22	7,26	1,27	98,29
b) TelaBiotêxtil	7,95	9,62	3,85	5,56	2,37	3,11	3,28	1,27	37,01
c) MacMat sem vegetação	8,79	49,43	22,94	31,91	8,4	14,55	13,46	1,35	150,83
d) MacMat com vegetação	7,46	65,81	15,04	31,36	3,35	8,88	5,28	1,17	138,35
e) Fibrax sem vegetação	22,31	59,78	22,03	38,37	8,48	14,88	13,55	3,08	182,48
f) Fibrax com vegetação	18,65	21,32	5,96	5,19	3,12	3,57	4,96	1,35	64,12
Solo perdido (g/parcela)									
a) Solo descoberto	190,16	1967,88	106,96	267,62	35,66	53,57	110,23	95,18	2827,26
b) TelaBiotêxtil	161,77	235,48	71,49	92,03	66,88	77,86	93,88	107,42	906,81
c) MacMat sem vegetação	31,58	1272,06	199,31	861,33	14,56	108,19	31,17	62,72	2580,92
d) MacMat com vegetação	10,47	1032,99	57,9	42,2	0,65	34,47	1,45	7,16	1187,29
e) Fibrax sem vegetação	19,98	61,89	9,62	21,65	1,98	7,12	6,02	12,81	141,07
f) Fibrax com vegetação	3,22	4,23	1,03	1,13	0,58	0,97	0,8	2,14	14,1

volume de sedimentos transportados foi insuficiente para a realização das caracterizações físicas e químicas do mesmo.

Os totais de volume acumulado de suspensão escoada e massa de solo perdida por tratamento podem ser visualizados no Quadro 10 e na Figura 13.

O menor escoamento superficial foi obtido com a TelaBiot (Quadro 9). Isto se deve provavelmente ao fato desta tela ser formada por fibras vegetais desidratadas (capim), e à disposição dessas fibras na manta, que proporcionaram maior porosidade facilitando a infiltração de água e diminuindo o volume de suspensão água + solo escoado em relação ao solo sem proteção (tratamento testemunha).

Uma possível explicação para o elevado volume de suspensão água + solo escoado nos tratamentos com a manta MacMat[®], pode ser a forma e propriedade do material que a constitui. A disposição dos fios e o material formador (polipropileno) da manta facilitam a formação de filmes de água, obstruindo a sua infiltração, aumentando o fluxo superficial que se dá sobre e sob a manta.

A manta Fibrax[®] foi a que gerou maior volume de suspensão água + solo escoado. Isto pode ser atribuído à densidade de fibras de coco na manta e à baixa hidrofília dessas fibras, facilitando a formação do escoamento superficial sobre as fibras da manta. Todavia, foi a mais efetiva para o controle da perda de solos (Quadro 9), provavelmente devido à estrutura da manta que além de impedir o impacto direto das gotas de chuva no solo, funciona como um elemento filtrante dos sedimentos transportados.

Constatou-se a influência positiva da vegetação associada às mantas na diminuição do escoamento superficial em todos os tratamentos. Apesar da redução no volume de suspensão água + solo escoado, o efeito das plantas com manta só foi significativo ($p < 0,05$) na manta Fibrax[®] (Quadro 11).

A massa acumulada de solo perdida no período da avaliação, à exceção do tratamento MacMat[®], reduziu consideravelmente com a cobertura do solo e presença de plantas, sem, contudo, serem detectadas diferenças estatísticas ($p > 0,05$) (Quadro 11).

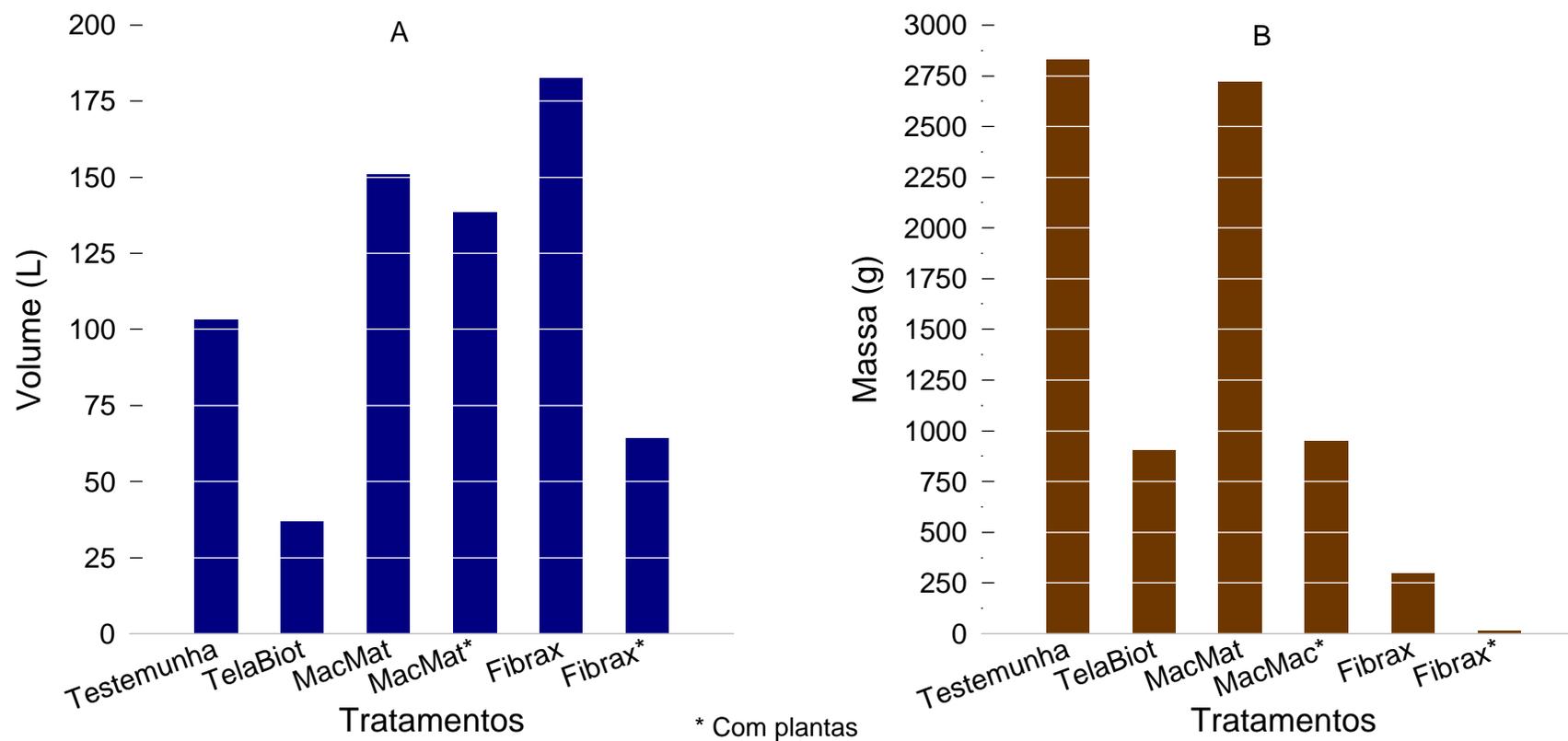


Figura 13 – Volume acumulado de suspensão água + solo escoada (A) e massa de solo perdida por tratamento (B), nas oito coletas ocorridas no período de 27/01 a 23/04/2004.

Quadro 11 – Contrastes ortogonais do volume de suspensão escoado após as chuvas, comparando-se os tratamentos aplicados

Tratamentos	C1	C2	C3	C4	C5
Testemunha	5	0	0	0	0
TelaBiot	-1	4	0	0	0
MacMat	-1	-1	1	1	0
MacMat com plantas	-1	-1	1	-1	0
Fibrax	-1	-1	-1	0	1
Fibrax com plantas	-1	-1	-1	0	-1

Contrastes Ortogonais					
L/Parcela					
Todas as coletas	ns	-364,1341	ns	ns	120,1094
g/Parcela					
Todas as coletas	ns	ns	ns	ns	ns

C₁: Testemunha v_s MacMat[®]; Fibrax[®]; MacMat^{®*}; Fibrax^{®*} e TelaBiot^{*}.

C₂: TelaBiot^{*} v_s MacMat[®]; MacMat^{®*}; Fibrax[®] e Fibrax^{®*}.

C₃: MacMat[®] e MacMat^{®*} v_s Fibrax[®] e Fibrax^{®*}.

C₄: MacMat[®] v_s MacMat^{®*}.

C₅: Fibrax[®] v_s Fibrax^{®*}.

*: com plantas.

ns: não-significativo, a 5%, pelo teste de Tukey.

Por outro lado, atribuí-se grande parte da elevada perda de massa de solo no tratamento com manta MacMat[®] às condições físicas do local onde as parcelas foram alocadas. As variações na superfície do solo entre as zonas vegetais dois e três (Figura 5) resultaram em uma concentração do fluxo superficial da área acima da crista do talude, que foi drenada diretamente em direção a uma das parcelas deste tratamento.

Embora se tenha construído uma canaleta de drenagem para contornar tal problema, acredita-se que esta medida não tenha surtido efeito, pois, ao comparar a perda de solo por coleta, não se verifica efeito positivo de tal intervenção (Figura 14).

A coleta subsequente à construção da canaleta teve um pico de perda de solo para o tratamento MacMat[®] (Figura 14), mas isto provavelmente se deve à movimentação de solo gerada no local para a realização de tal intervenção.

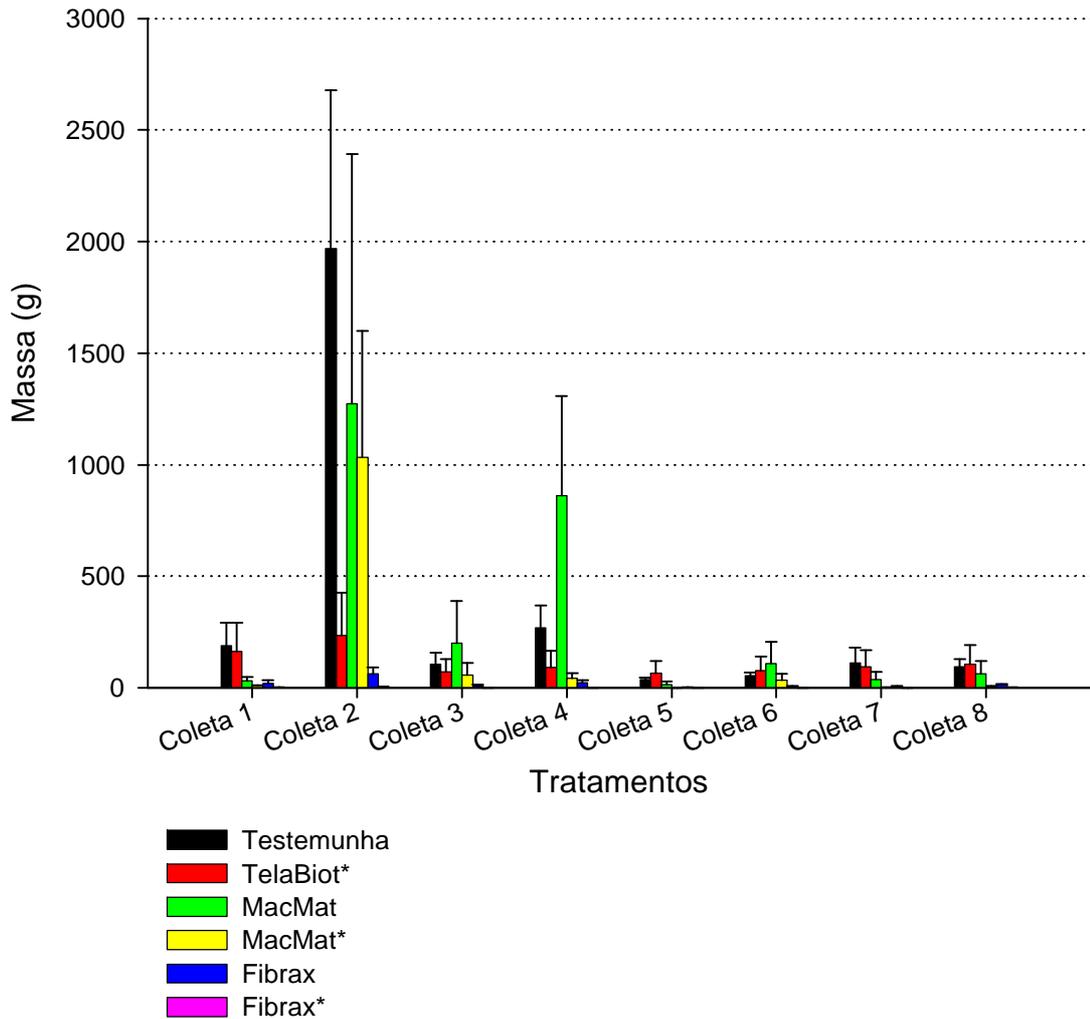


Figura 14 – Quantidade total de sedimentos por coleta nos diferentes tratamentos.

Em campo, observou-se condição diferenciada de drenagem interna do talude. Na área de maior concavidade lateral, onde se localizaram duas parcelas do tratamento MacMat[®] com plantas, verificou-se maior umidade do solo. Como a umidade precedente do solo é um fator preponderante para a ocorrência de escoamento superficial, acredita-se que o teor de água mais elevado neste ponto tenha tido influência direta nos resultados.

O resultado da granulometria do solo demonstrou que o tratamento MacMat[®] permitiu certo controle de perda de silte, areia fina e areia grossa em relação ao tratamento testemunha para o segundo grupo de coletas (Quadro 12).

Quadro 12 – Análise granulométrica em amostras do sedimento perdido no talude em função do tratamento e repetição

Tratamentos	Argila (%)	Silte (%)	Ar. Fina (%)	Ar. Grossa (%)	Classe Textural	Argila (%)	Silte (%)	Ar. Fina (%)	Ar. Grossa (%)	Classe Textural
----- Coletas 1-3 -----					----- Coletas 4-8 -----					
Testemunha 1	0,57	0,12	0,10	0,19	Argilosa	0,59	0,12	0,10	0,17	Argilosa
Testemunha 2	0,61	0,09	0,09	0,19	Muito Argilosa	0,62	0,11	0,09	0,16	Muito Argilosa
Testemunha 3	0,58	0,11	0,09	0,20	Argilosa	0,59	0,12	0,08	0,19	Argilosa
MacMat 1						0,56	0,13	0,09	0,20	Argilosa
MacMat 2	0,58	0,11	0,10	0,19	Argilosa					
MacMat 3	0,58	0,12	0,10	0,19	Argilosa					
Fibrax 1										
Fibrax 2						0,40	0,42	0,07	0,09	Argilo Siltosa
Fibrax 3										
MacMat* 1	0,29	0,06	0,05	0,59	Argilo Arenosa					
MacMat* 2										
MacMat* 3	0,40	0,09	0,06	0,43	Argilo Arenosa	0,43	0,12	0,07	0,36	Argilosa
Fibrax* 1										
Fibrax* 2										
Fibrax* 3										
TelaBiot* 1										
TelaBiot* 2										
TelaBiot* 3										

* com plantas.

O material erodido por grupo de coletas (1-3 e 4-8), que alcançaram um volume de solo igual ou maior a 5 cm³, foi submetido à análise dos nutrientes fósforo, potássio, cálcio e magnésio. Como em muitas parcelas, a quantidade de solo erodido foi insuficiente para a análise. Nem todas as parcelas perderam solo, inclusive variando dentro de um mesmo tratamento. Pelo menos em termos ilustrativos, calculou-se a concentração média de nutriente perdido por tratamento. Este valor foi multiplicado pela quantidade total de solo erodido por tratamento, para estimar a quantidade de nutrientes perdida para um hectare, conforme se pode observar na Figura 15.

O tratamento MacMat[®] foi o que perdeu mais solo, conseqüentemente perdeu maior quantidade de nutrientes, seguido pelo tratamento Testemunha, TelaBiot, MacMat[®] com plantas, Fibrax[®] e Fibrax[®] com plantas.

Após o período de chuvas avaliado, foi realizada uma amostragem do solo com auxílio de anel volumétrico no terço inferior de cada parcela para as determinações de condutividade hidráulica em meio saturado, macro e microporosidade, densidade aparente, curva característica de água no solo e umidade equivalente.

Todavia não foi possível determinar de forma satisfatória (abaixo do limite estabelecido pela lei de Darcy), a condutividade hidráulica em meio saturado, mesmo elevando o gradiente hidráulico de dois para 11 cm.

As determinações de condutividade hidráulica em meio saturado realizadas no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Solos da UFV, geralmente para o tipo de solo em estudo sem problemas de salinidade, são feitas com água destilada. Contudo admite-se a possibilidade de ter ocorrido dispersão de argila com conseqüente selamento na camada superior de solo dentro do anel na hora da determinação, bem como outros problemas que, de alguma forma, inviabilizaram essa determinação. Estes problemas podem estar relacionados com a compactação do solo dentro do anel na hora da retirada dos torrões e “acerto” do solo ao redor do mesmo, ou outros problemas operacionais, uma vez que o solo estava seco e não foi realizado nenhum tipo de umidificação para facilitar a retirada dos anéis.

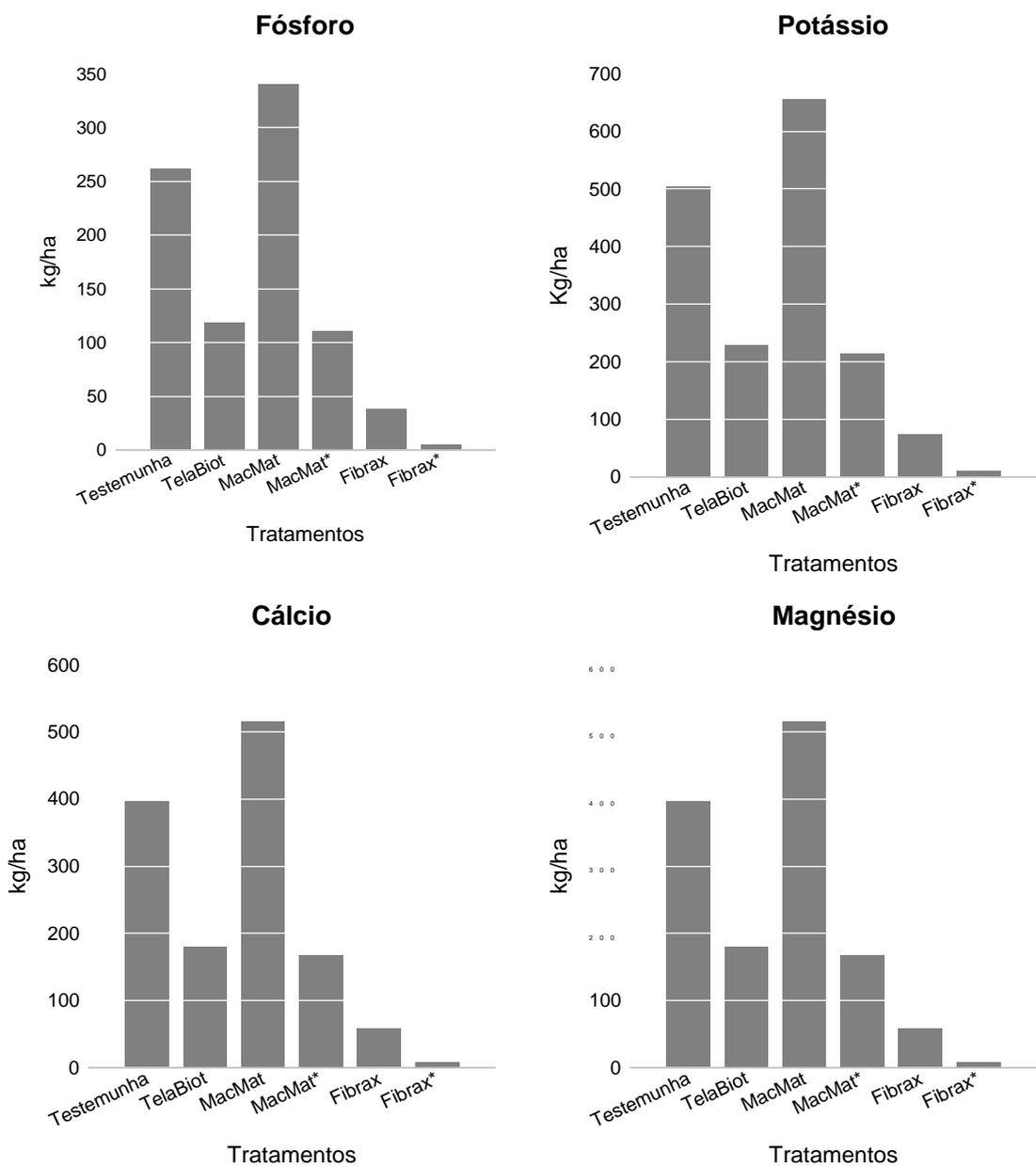


Figura 15 – Quantidade média de nutriente perdido por tratamento, com base na quantidade de solo total erodida (concentração total do nutriente perdido para todas as coletas, dividido pelo número de parcelas e multiplicado pela quantidade total de solo erodido por tratamento).

Face aos possíveis problemas mencionados, aliados à falta de tempo hábil para proceder a uma nova amostragem e realizar tais determinações optou-se por não realizar nenhum tipo de análise com os resultados dessas amostras.

5.2. Estabelecimento de espécies vegetais

Das quatro espécies utilizadas, a *Cajanus cajan* foi a que mostrou pior estabelecimento no campo. Foram encontrados poucos indivíduos nas parcelas e também na base do talude, demonstrando possivelmente menor potencial germinativo das sementes desta espécie utilizada no experimento. Em razão disto, optou-se por retirá-las das análises.

O resultado das características vegetativas relativas à altura de plantas, número de indivíduos, índice de cobertura e biomassa podem ser visualizado nos Quadros 13 e 14.

Quadro 13 – Altura das plantas aos 65 após sementeira (Alt 1) e número de indivíduos (Ind 2), índice de cobertura (IC) e biomassa das plantas aos 207 dias após a sementeira

Manta	Espécies	Alt 1 (cm)	Ind 2	Alt2 (cm)	IndCob	Biomassa (g/0,5m ²)
MacMat [®]	<i>B. decumbens</i> (I)	22,08 ^a	153,75 ^a	46,56 ^{ab}	5,75 ^{ab}	51,21 ^a
	<i>M. minutiflora</i> (II)	18,76 ^a	200,25 ^{ab}	94,56 ^a	6,25 ^a	150,11 ^a
	<i>S. guianensis</i> (III)	4,06 ^a	48,5 ^b	22,3 ^b	2,5 ^b	17,64 ^a
	I + II + III	29,58 ^a	90,75 ^{ab}	46,01 ^{ab}	4,75 ^{ab}	104,18 ^a
	II + III	9,25 ^a	70,75 ^{ab}	64,35 ^{ab}	5,5 ^{ab}	96,79 ^a
Fibrax [®]	<i>B. decumbens</i> (I)	50,61 ^a	165,5 ^a	80,93 ^{ab}	7 ^a	164,42 ^a
	<i>M. minutiflora</i> (II)	36,1 ^{ab}	94 ^a	124,13 ^a	6,5 ^a	256,12 ^a
	<i>S. guianensis</i> (III)	8,71 ^c	38,75 ^b	62,43 ^b	4,5 ^a	68,36 ^a
	I + II + III	37,56 ^{ab}	68 ^{ab}	68,81 ^b	5,5 ^a	135,32 ^a
	II + III	22,9 ^{bc}	70,25 ^{ab}	70,25 ^{ab}	6 ^a	266,84 ^a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna por manta, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Quadro 14 – Número de indivíduos aos 65 dias após semeadura (Ind 1)

Espécies	Mantas	
	MacMat [®]	Fibrax [®]
<i>B. decumbens</i> (I)	141 ^{ABa}	146,75 ^{Aa}
<i>M. minutiflora</i> (II)	187,5 ^{Aa}	58 ^{Bb}
<i>S. guianensis</i> (III)	52,5 ^{Ba}	38,75 ^{Ba}
I + II + III	73,0 ^{Ba}	54,75 ^{Ba}
II + III	74,75 ^{Ba}	45,75 ^{Ba}

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma linha, e maiúscula na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de F e Tukey, a 5% de probabilidade, respectivamente.

A análise estatística dos dados não detectou interação significativa ($p > 0,05$) entre as variáveis avaliadas da vegetação e as mantas, exceto para a variável número de indivíduos (Quadro 14).

No primeiro levantamento, 65 dias após semeadura (fev/2004), observou-se que o número de indivíduos variou entre as mantas, estabelecendo-se em maior quantidade na manta MacMat[®]. As gramíneas foram as espécies mais numerosas.

Na segunda avaliação, 207 dias após a semeadura (jun/2004), observou-se um baixo incremento no número de indivíduos, mas um aumento considerável em altura, principalmente para o *M. minutiflora* (Quadro 13).

O *M. minutiflora* teve um crescimento inicial lento na manta Fibrax[®] (Quadro 14), mas praticamente dobrou na segunda avaliação. Isto demonstra uma certa resistência das sementes desta espécie a condições de sombreamento, uma vez que esta manta dificulta a passagem da luz.

O índice de cobertura do solo foi o mesmo para as espécies e as misturas testadas na manta Fibrax[®] e variou apenas na MacMat[®], destacando-se a cobertura mais baixa para a espécie *S. guianensis*.

Com exceção de *S. guianensis*, as demais espécies foram eficientes na formação de cobertura do solo. De acordo com os resultados, o estabelecimento daquela espécie foi melhor na manta Fibrax[®] que na MacMat[®], embora tenha sido observada em campo uma certa dificuldade das plantas em romper a malha de polipropileno que acondiciona as fibras de coco e de emergir sua parte aérea através manta.

O estabelecimento de espécies vegetais em ambientes desfavoráveis, como taludes de corte, requer além da alta viabilidade dos propágulos, um grande número destes, porque a taxa de perda de indivíduos devido à declividade, associada com a lavagem pelas águas das chuvas é muito alta, conforme foi observado sobremaneira, após os eventos chuvosos no início do experimento, para a manta MacMat[®].

A comparação das espécies entre si, dentro de cada manta, mostra que, para a manta MacMat[®], não houve diferenças significativas para a variável altura dos indivíduos em fevereiro de 2004. Já para a manta Fibrax[®] houve.

Pelo que se pode observar nos Quadros 13 e 14, a manta MacMat[®] foi mais favorável à germinação das plantas que a Fibrax[®]. Todavia, para a última, houve maior incremento da altura média dos indivíduos.

Embora a análise de variância não tenha detectado interação significativa entre as variáveis levantadas dentro das mantas ($p > 0,05$), procedeu-se a um desdobramento da interação das mantas dentro de cada espécie para avaliar o efeito das mantas, conforme Quadro 15.

O que se observa é que de forma geral, o alto coeficiente de variação impediu a detecção de efeitos significativos ($p < 0,05$) das mantas sobre as variáveis estudadas. Todavia, para a variável Alt 1 em todas as coberturas com exceção de I + II + III, detectou-se diferença significativa sendo a média, praticamente o dobro para a manta Fibrax[®] em relação a MacMat[®]. Uma mesma tendência foi verificada para Alt 2, embora a diferença não tenha sido significativa ($p > 0,05$), com destaque para *B. decumbens* no que se refere ao IndCob e Biomassa, com média superior para a manta Fibrax, assim como para as outras espécies coberturas também na manta Fibrax[®].

Esses resultados estão condizentes com a hipótese inicial deste trabalho. A metodologia de implementação da cobertura vegetal com a manta Fibrax[®] propiciou um estabelecimento das espécies mais vigoroso em comparação com a MacMat[®]. Também a semeadura em covas diminuiu a perda de sementes por erosão e conservou a qualidade nutricional do substrato por mais tempo, já que foi verificada perda de substrato nos tratamentos com a manta MacMat[®] no início do experimento.

Quadro 15 – Altura das plantas em fevereiro de 2004 (Alt 1), altura (Alt 2) , número de indivíduos (Ind2) em junho de 2004, índice de cobertura (IndCob) e biomassa em junho de 2004, desdobrando a interação das variáveis dentro de cada manta

Espécies	Manta	Alt 1 (cm)	Alt 2 (cm)	Ind 2	IndCob	Biomassa (g/0,5 m ²)
<i>B. decumbens</i> (I)	Fibrax [®]	50,61 ^a	80,93 ^a	165,50 ^a	7 ^a	164,42 ^a
	MacMat [®]	22,08 ^b	45,56 ^a	153,75 ^a	5,75 ^b	51,21 ^b
	Cv	31,86	53,59	54,49	10,62	46,46
<i>M. minutiflora</i> (II)	Fibrax [®]	36,01 ^a	124,13 ^a	94,00 ^a	6,50 ^a	256,12 ^a
	MacMat [®]	18,76 ^b	54,56 ^a	200,25 ^a	6,25 ^a	150,11 ^a
	Cv	39,84	29,82	61,57	12,40	64,68
<i>S. guianensis</i> (III)	Fibrax [®]	8,71 ^a	62,43 ^a	38,75 ^a	4,50 ^a	68,36 ^a
	MacMat [®]	4,06 ^b	22,3 ^b	48,50 ^a	2,50 ^a	17,64 ^a
	Cv	43,56	55,52	82,11	52,16	110,90
(I) + (II) + (III)	Fibrax [®]	35,56 ^a	68,81 ^a	68,00 ^a	5,50 ^a	135,32 ^a
	MacMat [®]	29,58 ^a	46,01 ^a	90,75 ^a	4,75 ^a	104,18 ^a
	Cv	59,27	34,29	43,62	35,40	72,36
(II) + (III)	Fibrax [®]	22,9 ^a	70,25 ^a	70,25 ^a	6,00 ^a	266,84 ^a
	MacMat [®]	9,25 ^b	64,35 ^a	70,75 ^a	5,50 ^a	96,79 ^a
	Cv	45,54	46,00	37,66	30,94	69,15

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, por tipo de cobertura, não diferem entre si pelo teste F, a 5 % de probabilidade.

Cv: coeficiente de variação.

Desta forma, acredita-se que, se a mesma metodologia de semeadura aplicada na Fibrax[®], fosse utilizada na MacMat[®], os resultados da pesquisa seriam diferentes, ou seja, a abertura de covas para aplicação da mistura solo + sementes + fertilizantes, provavelmente proporcionaria um resultado mais favorável a MacMat[®] em relação ao estabelecimento da cobertura vegetal.

A espécie com a média mais alta da variável altura na primeira avaliação em todas as mantas foi *B. decumbens* seguida da *M. minutiflora*, que se mostrou bastante efetiva e bem adaptada às condições climáticas da região de Viçosa, conforme já observado por REZENDE e REZENDE (1983).

Por outro lado, a *M. minutiflora* na manta MacMat[®] apresentou maior índice de cobertura (IndCob) e biomassa que a *B. decumbens*, embora não significativo ($p > 0,05$).

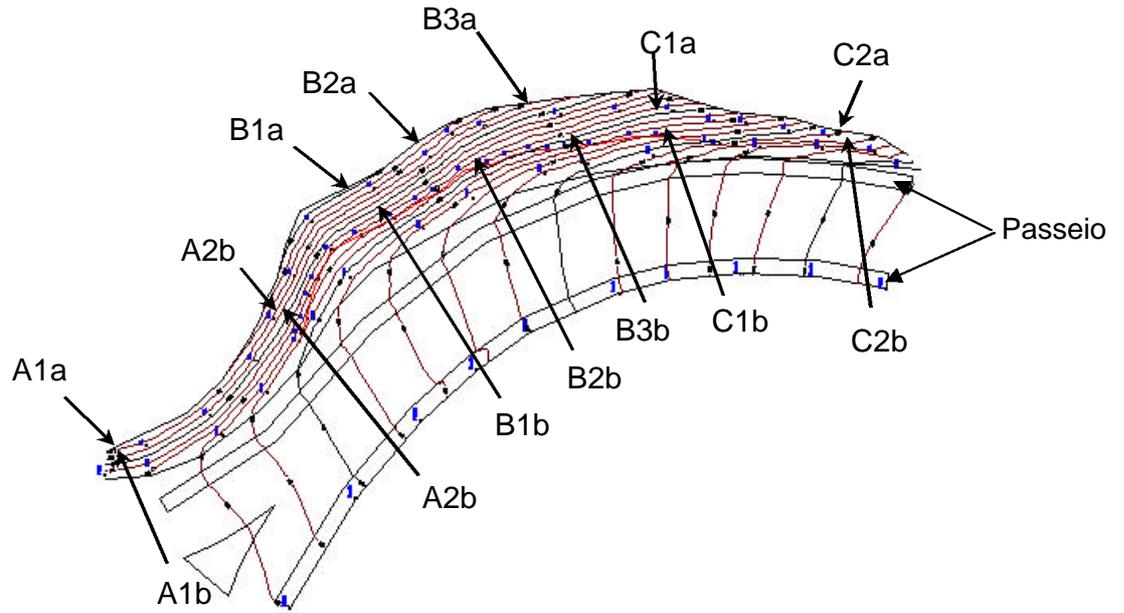
Quanto ao índice de cobertura, nota-se que houve pequena variação entre as espécies na manta MacMat[®] e nenhuma variação na Fibrax[®]. Na geoamanta MacMat[®], a espécie com maior média foi o *M. minutiflora* e, para a Fibrax[®], *B. decumbens*.

Uma possível explicação para esse declínio da *B. decumbens* frente à *M. minutiflora* pode ser a época das avaliações. O que se observou no campo na época da coleta foi o início do florescimento de *M. minutiflora* e o fim da estação reprodutiva de *B. decumbens*, com a maioria dos indivíduos já entrando em senescência. Essa diferença associada às diferenças morfológicas das espécies testadas, provavelmente foi o fator determinante para os resultados encontrados.

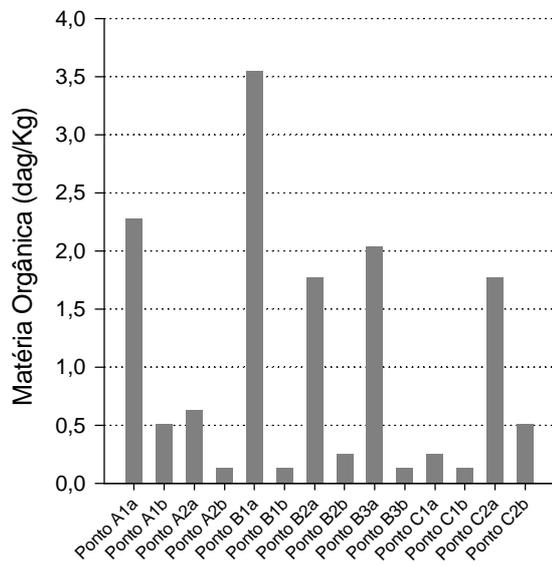
Embora as características das espécies avaliadas tenham apresentado respostas diferenciadas nas mantas, mesmo que não estatisticamente significativas ($p > 0,05$) atribui-se grande parte desta variação, ao posicionamento das parcelas no perfil do solo, pois, como reportado por (FILHO, 1989 e NUNES, 1999), há uma expressiva diferença físico-química nos perfis de solos da área do Campus da UFV entre os horizontes Ap, Bw e Bc. Dessa forma, pode-se inferir que grande parte da variabilidade encontrada é realmente intrínseca ao solo, sendo praticamente impossível selecionar parcelas sem que haja algum grau de variabilidade pedológica – alto coeficiente de variação implicando na quase ausência de diferenças estatísticas ($p < 0,05$).

Para determinar essas possíveis diferenças (apenas quanto às características químicas), foram coletadas apenas 14 amostras de solo ao longo dos dois experimentos devido à restrição orçamentária. Todavia, para fins de discussão, só serão levados em consideração às coletas no experimento *Estabelecimento de Espécies Vegetais* e as características levantadas na segunda avaliação para os blocos A1 e C1 – blocos cujas diferenças de posicionamento são maiores (Figura 16).

O resultado das análises químicas quanto ao teor de matéria orgânica (MO) e capacidade de troca catiônica (CTC), demonstra diferenças da posição das parcelas no perfil do solo. Entretanto, nem todos os tratamentos responderam a essas diferenças de maneira semelhante.

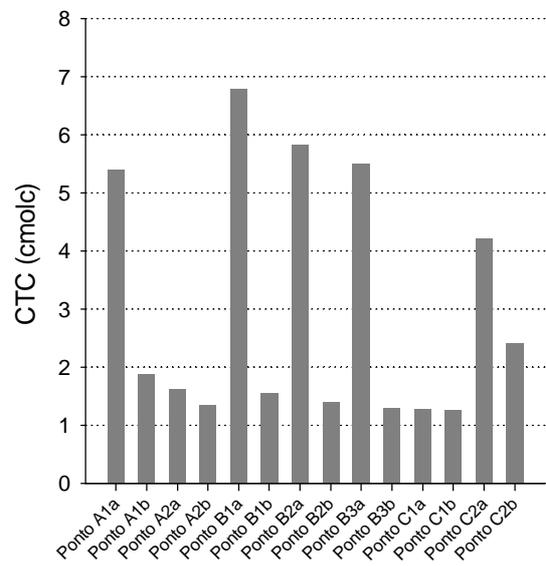


Matéria Orgânica



Pontos amostrados

CTC



Pontos amostrados

Figura 16 – Croqui esquemático dos pontos de coleta para comprovação das diferenças intrínsecas ao solo quanto aos parâmetros químicos considerados mais relevantes – matéria orgânica e CTC.

6. CONCLUSÕES

Os produtos para controle da erosão utilizados na pesquisa foram eficientes e facilitaram o estabelecimento de espécies vegetais.

Os parâmetros vegetacionais desejáveis para proteção de um talude quanto aos processos erosivos são, basicamente: boa cobertura vegetal, sistema radicular efetivo e incorporação de matéria orgânica. A princípio, a manta Fibrax® atendeu de forma mais imediata essas características, pois as variáveis analisadas apresentaram, neste tratamento, melhores resultados. Todavia, foi verificado que o denso entrelaçamento das fibras de coco e a malha de polipropileno utilizada para confinamento das fibras dificultaram a emergência da parte aérea das leguminosas que possuem folhas mais largas.

A perda de solos e o volume de água escoada não foram concomitantes. O tratamento com maior perda de solo (Testemunha) não foi o que apresentou maior volume de suspensão escoada (Fibrax®).

A disposição mais concentrada das fibras de coco na manta Fibrax® impediu consideravelmente a perda de solos, mas, devido à rápida saturação das fibras, favoreceu o fluxo superficial de água, que se deu por sobre a manta.

O tratamento com a Tela Biotêxtil® foi a que melhor reduziu o volume de suspensão de água escoada. Essa maior infiltração de água, e conseqüente percolação, fornece um melhor perfil hídrico disponível para as plantas.

A manta MacMat® não demonstrou uma contribuição significativa para a redução do volume de suspensão escoada e diminuição da perda de solo

comparada com a testemunha. Esta aparente ineficiência deste tratamento é atribuída às condições heterogêneas da crista do talude, que concentrou água e solo em uma das parcelas influenciando sobremaneira os resultados.

Em termos de custo e operacionalidade, a manta Fibrax[®] foi a que se mostrou mais indicada (lembrando a metodologia de implantação). Resta verificar resultados em médio prazo para verificar se a permanência da manta MacMat[®] será superior ao da Fibrax[®].

Os resultados obtidos neta pesquisa evidenciaram a importância da revegetação de taludes de cortes de estrada, quer seja em relação à significativa quantidade de sedimentos que são carreados, como também em relação às quantidades de nutrientes contidos nos sedimentos. Portanto os resultados apontam para a importância de políticas efetivas que viabilizem a revegetação de extensas áreas de taludes de cortes de estradas que podem ser encontradas por este País e configuram-se como passivos ambientais.

7. RECOMENDAÇÕES

É muito importante neste tipo de trabalho certificar a qualidade dos propágulos vegetais utilizados, pois como se sabe, há muitas dificuldades de estabelecimento de vegetação nas condições de taludes de corte de estradas com alta declividade, como no caso do talude utilizado nesta pesquisa. Se o potencial germinativo das sementes é baixo, a quantidade utilizada tem que ser elevada, pois, caso contrário, todo o procedimento de implantação de vegetação estará fadado ao insucesso.

Vale ressaltar que a metodologia de implantação utilizada para a manta MacMat[®] foi muito morosa. Além da demora, houve a desvantagem do incômodo da aplicação manual do substrato. Após algum tempo de trabalho, sente-se muito desgaste físico, já que não se utilizaram luvas devido à perda de sensibilidade.

Aconselha-se utilizar o mesmo procedimento adotado para a manta Fibrax[®], na manta MacMat[®], ou seja, coveamento, pois dessa forma é possível aumentar a eficiência de aplicação de substrato e garantir condições mais satisfatórias de implementação, além de diminuir as perdas de sementes e fertilizantes, que embora não tenham sido quantificadas, foram observadas em campo após as primeiras chuvas subseqüentes à instalação das parcelas. (Figura 17).



Figura 17 – Perda de solos na manta MacMat® (A) vista geral e (B) vista em detalhe.

Para futuros experimentos com controle de erosão em taludes de corte de estradas, recomenda-se:

- Criar alguma forma efetiva de isolamento entre a crista e a face para garantir maior homogeneidade nas condições em que se encontrarão as unidades experimentais.

- Proceder a análises com indicadores biológicos de qualidade do solo ao longo do tempo, de forma a estabelecer parâmetros da qualidade ambiental da área sob os produtos utilizados, uma vez que fenômenos de ciclagem de nutrientes, bem como estruturação do solo, dependem sobremaneira da ação dos microrganismos.

- Proceder a análises físicas do solo sob as mantas, de forma a determinar diferenças em estrutura, densidade total e condutividade hidráulica em pontos com diferentes cotas, a fim de determinar como e onde se dá o processo erosivo ao longo do comprimento (rampa) do talude.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCANTARA, B.; BUFARAH, G. **Plantas forrageiras**: gramíneas e leguminosas. 5. ed. São Paulo: Nobel, 1988, 162 p.

ANH, T. B.; CHO, S. D.; YANG, S. C. Stabilization of soil slope using geosynthetic mulching mat. **Geotextiles and Geomembranes**, n. 20, p. 135-146, 2002

AUSLANDER, M.; NEVO, E.; INBAR, M. The effects of slope orientation on growth, developmental instability and susceptibility to herbivores. **Journal of Arid Environments**, n. 55, p. 405-416, 2003.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1993. 355 p.

BOTREL, M. A.; NOVAES, L. P.; ALVIM, M. J. **Características forrageiras de algumas gramíneas tropicais**. Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, 1998. 35 p. (EMBRAPA-CNPGL Documento 66).

CAMPELLO, E. F.C. O papel de leguminosas arbóreas noduladas e micorrizadas na recuperação de áreas degradadas (parte 1). In: III CURSO DE ATUALIZAÇÃO – RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 1996. p. 9-16.

CANO, A.; NAVIA, R.; AMEZAGA, I.; MONTALVO, J. Local topoclimate effect on short-term cutslope reclamation success. **Ecological Engineering**, n. 18, p. 489-498, 2002.

CASTELO, R. R. **As encostas urbanas**: análise e proposta de metodologia para enfrentar o problema em Vitória. Vitória: Fundação Ceciliano Abel de Almeida, 1986. 84 p.

CHAULYA S. K., SINGH, R. S.; CHAKRABORTY, M. K.; DHAR, B. B. Numerical modeling of biostabilization for a coal mine overburden dump slope. **Ecological Modeling**, n. 114, p. 275-286, 1999.

COSTA, M. M.; EINLOFT, R.; SOUZA, M. G.; GRIFFITH, J. J. Revegetação de taludes usando sacos de aniagem: metodologia de implantação e análise ergonômica In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, III., 1997, Ouro Preto. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas - SOBRADE, 1997. p. 355-366.

CUNHA, M. A.; FARAH, F.; CERRI, L. E. S.; GOMES, L. A.; GALVÊS, M. L.; BITTAR, O. Y.; FILHO, O. A.; SILVA, W. S. **Ocupação de encostas**. São Paulo: IPT, 1991. 216 p.

CUSATIS, A. C. **Diagnóstico de taludes rodoviários revegetados naturalmente na região de Viçosa, MG**. 2001. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

DEFELIPO, B. V.; RIBEIRO, A. C. **Análise química do solo: Metodologia**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos, 1981. 17 p. (Boletim de Extensão 29).

DEFLOR BIOENGENHARIA. **Soluções ambientais definitivas**. Belo Horizonte: 31 p. 2002. (Catálogo).

EINLOFT, R. **Crescimento de gramíneas e leguminosas em substrato rico em manganês proveniente de área de empréstimo**. 1996. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

EINLOFT, R.; SOUZA, M. G.; COSTA, M. M.; GRIFFITH, J. J. Seleção de gramíneas e leguminosas utilizadas para revegetação de taludes em sacos de aniagem e plantio em covas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, III., 1997, Ouro Preto. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas - SOBRADE, 1997. p. 329-338.

FILHO, A. C. **Caracterização mineralógica, química e física de solos de duas unidades de paisagem do planalto de Viçosa**. 1989. 114 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FILHO, O. A.; VIRGILI, J. C. Estabilidade de taludes. In: OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S. N. A (Ed.). **Geologia de engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. p. 243-270.

FORTES, V. M. **Percepção estética e de danos na paisagem e mudanças obtidas pelo uso da geotêxtil ARP 430**. 2000. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

GALETI, P. A. **Prática de controle à erosão**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1987. p. 257-266.

GRAY, D. H.; LEISER, A. T. **Biotechnical slope protection and erosion control**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1989. 217 p.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. São Paulo: Edgar Blüncher, 1993. 194 p.

HILLEL, D. **Environmental soil physics**. New York: Academic Press, 1998. p. 121-122.

HOUAISS, A.; VILLAR, M. S.; MELLO FRANCO, F. M. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2000. 2992 p.

INBAR, M.; TAMIR, M.; WITTENBERG, L. Runoff and erosion process after a forest fire in Mount Carmel, a Mediterranean area. **Geomorphology**, n. 24, p. 17-33, 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geografia do Brasil: Região sudeste**. Rio de Janeiro: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 1977. p. 1-43.

KISSMAMM, K. G. **Plantas infestantes e nocivas**. Tomo I. São Paulo: BASF, 1997a. 825 p.

KISSMAMM, K. G. **Plantas infestantes e nocivas**. Tomo II. São Paulo: BASF, 1997b. 825 p.

KISSMAMM, K. G. **Plantas infestantes e nocivas**. Tomo III. São Paulo: BASF, 1997c. 825 p.

KRETSCHMER JR., A. E.; PITAN, W. D. Tropical and subtropical forages. In: BARNES, R. F.; MILLER, D. A.; NELSON, C. J. (Ed.). **An introduction to grassland agriculture**. 5. ed., v. 1. Iowa: Iowa University Press, 1995. p. 283-304.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 3. ed. São Paulo: Nova Odessa, 2000. 608 p.

MACCAFERRI DO BRASIL LTDA. **Revestimento de taludes: Necessidades e soluções**. Jundiaí-SP, 2002. 15 p.

MELLO, J. W. V.; ABRAHÃO, W. A. P. Geoquímica da drenagem ácida. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Ed.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV, 1998. p. 15-26.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. **Regra para análise de sementes**. Brasília: PROGRAMA BRASILEIRO DE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE – PBQP, 1992. 365 p.

NUNES, W.A.G.A. **Caracterização física, química, mineralógica, micromorfológica e espectral de alguns solos da zona de planalto mineira**. 1999. 135p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

OLIVEIRA, M.A.T. Paleotopografia e erosão por voçorocas: delimitação de potencialmente instáveis sobre encostas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1., 1992, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Universidade Federal do Paraná. Curso de Engenharia Florestal. Departamento de Silvicultura e Manejo/FUPEF, 1992. p. 430-439.

OLIVEIRA, M.A.T. Processos erosivos e preservação de áreas de risco a erosão por voçorocas. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (Ed.). **Erosão e conservação dos solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 57-94.

OLIVEIRA, R. R., ZAÚ, A. S., LIMA, D. F.; SILVA, M. B. R., VIANNA, M. C.; SODRÉ, D. O.; SAMPAIO, F. D. Significado ecológico da orientação de encostas no maciço da Tijuca, Rio de Janeiro. **Oecologia Brasiliensis**, v. 1, n. 1, p. 523-541, 1995

OLYPHANT, G. A.; HARPER, D. Effects of direct revegetation on the hydrology, erosion and sediment yield of an abundant deposit of coal mine refuse. **Geomorphology**, n. 11, p. 261-272, 1995.

OZTAS, T.; KOC, A.; COMAKLI, B. Changes in vegetation and soil properties along a slope on overgrazed eroded rangelands. **Journal of Arid Environments**, n. 55, p. 93-100, 2003.

PARANÁ. SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES. DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Manual de instruções ambientais para obras rodoviárias**. Curitiba: SETR/DER e UFPR/FUPEF, 2000. 246 p.

PINHEIRO, D. J. **Evolução das encostas nas regiões tropicais úmidas**. Bahia: UFBA, 1971. 29 p.

RESENDE, M.; LANI, J. L.; RESENDE, S. B.; FEITOZA, L. R. A microbacia no contexto dos assentamentos agrícolas. **Inf. Agropec.**, v. 207, n. 21, p. 82-94, 2001.

RUIZ, H. A. **Métodos de análises físicas do solo**. UFV/DPS, 2003. 22 p. Não publicado. (Apostila de Aula – Física do Solo)

SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Ed.). **Erosão e conservação dos solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 229-265.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Ed.). **Erosão e conservação dos solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 229-265.

SANTOS, C. J.; CUNHA, C. O.; NETO, D. C.; FONTES, A. M.; FRANCO, A. A. Uso de leguminosas arbóreas no reflorestamento de encostas de risco geotécnico sobre comunidade de baixa renda. In: RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. SIMPÓSIO SUL AMERICANO, I.; SIMPÓSIO NACIONAL, 2., 1994, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais – FUPEF, 1994, p. 361-370.

SANTOS, C. J. F.; FONTES, A. M.; SOUZA, M. H. Projeto mutirão: Uma alternativa para reflorestamento em áreas de risco em regiões de baixa renda. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1., 1992, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Curso de Engenharia Florestal, Departamento de Silvicultura e Manejo/ FUPEF, 1992. p. 345-353.

SILVA, A. L. O. Uso de sacos de aniagem para revegetação de taludes na Ferteco Mineração S. A. **Informativo SIF 1**, Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 1993. 8 p.

SOUZA, M. G. **Revegetação de taludes com geotêxtil em área minerada**. 1997. 47 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

THEISEN, M. S. The role of geosynthetics in erosion and sediment control: An overview. **Geotextiles and Geomembrans**, n. 44, p. 535-550, 1992.

TOY, T. J.; DANIELS, W. L. Reclamation of disturbed lands In: MEYER, R. A. (Ed.). **Encyclopedia of environmental analysis and remediation**. New York: John Wiley, 1998. p. 4078-4101

TOY, T. J.; FOSTER, G. R.; RENARD, K. G. **Soil erosion**: processes, prediction, measurement, and control. New York: John Wiley, 2002. 338p.

TREVISOL, R. G.; SOUZA, M. H.; SILVA, R. T.; SILVA, R. R. O uso de condicionadores de solo no reflorestamento de encosta urbana. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS - SINRAD, V., 2002, Belo Horizonte. **Anais...** Lavras: UFLA, Departamento de Ciências Florestais, 2002. p. 484-486.

WEGGEL, J. R.; RUSTON, R. Soil erosion by rainfall and runoff – State of the art. **Geotextiles and Geomembranes**, n. 11, p. 523-534, 1992.

ANEXOS

CURVAS DE CALIBRAÇÃO DOS RECIPIENTES PARA OBTENÇÃO DO VOLUME COLETADO EM FUNÇÃO DA ALTURA DA LÂMINA DE ÁGUA DENTRO DOS RECIPIENTES

Recipiente A

$$\text{Volume (Y)} = 1,52 - 2,03 \sqrt{x} + 1,36 x \quad R^2 = 0,99$$

Recipiente B

$$\text{Volume (Y)} = 2,31 - 2,50 \sqrt{x} + 1,40 x \quad R^2 = 0,99$$

Quadro 1A – Características químicas das amostras do sedimento coletado

	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Alumínio Trocável
	----- (mg/dm ³) -----		----- (cmol _c /dm ³) -----		
Coletas 1-3					
Parcela 1	43,29	126,59	#	#	#
Parcela 2	11,36	#	177,37	65,45	2,525
Parcela 3	6,14	#	228,74	52,03	6,565
Parcela 4	14,58	#	101,14	22,66	0,505
Parcela 5	#	#	#	#	#
Parcela 6	74,91	80,34	471,51	91,74	#
Parcela 7	116,2	579,91	#	#	#
Parcela 8	20,26	#	170	46,42	1,01
Parcela 9	23,95	#	#	#	#
Parcela 10	10,59	#	235,45	57,42	1,01
Parcela 11	17,5	#	181,99	49,72	0,505
Parcela 12	93,61	84,1	277,47	62,26	0,505
Parcela 13	#	#	#	#	#
Parcela 14	142,69	#	238,75	8,91	0,505
Parcela 15	#	#	#	#	#
Parcela 16	#	#	#	#	#
Parcela 17	414,62	102,31	#	#	#
Parcela 18	62,83	#	513,39	64,02	2,525
Coletas 4-8					
Parcela 1	167,23	368,49	#	#	#
Parcela 2	9,98	#	299,47	#	2,02
Parcela 3	7,6	#	227,64	53,35	2,525
Parcela 4	10,36	#	300,35	73,15	1,515
Parcela 5	18,11	84,39	#	#	1,01
Parcela 6	23,95	157,08	#	#	2,02
Parcela 7	339,92	1168,78	#	#	#
Parcela 8	74,91	355,11	576,23	138,6	#
Parcela 9	79,19	279,48	662,47	133,54	2,02
Parcela 10	13,97	246,09	346,11	96,25	1,01
Parcela 11	76,08	524,27	#	#	#
Parcela 12	277,6	379,62	#	#	#
Parcela 13	#	#	#	#	#
Parcela 14	339,15	579,91	#	#	#
Parcela 15	486,02	546,53	#	#	#
Parcela 16	509,82	591,04	#	#	#
Parcela 17	337,59	1087,86	575,79	119,74	2,02
Parcela 18	216,04	435,26	533,77	90,64	1,01

não foi possível realizar a análise.

Quadro 2A – Lista de espécies presentes na crista do talude (faixa de aprox. 10 m)

Espécie	Família	Hábito	Forma reprodutiva
<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.	Mimosoideae	Arbórea	sementes
<i>Blainvillea</i> sp.	Asteraceae	Subarbusciva	sementes
<i>Boehmeria nívea</i> (L.) Gaudich	Urticaceae	Indefinido	Sementes e rizoma
<i>Borreria verticilata</i> L.	Rubiaceae	Subarbusciva	sementes
<i>Cecropia glaziovii</i> Snethlage	Cecropiaceae	Arbórea	sementes
<i>Chamaecrista dentata</i> (Vogel) H. S. Irwin & Barneby	Caesalpinoidea	Herbácea	sementes
<i>Cuphea ericoides</i> Cham & Schl.	Lythraceae	Herbácea-subarbusciva	sementes
<i>Cyperus esculentus</i> L.	Cyperaceae	Herbácea	tubérculo e sementes
<i>Cyperus haspan</i> L.	Cyperaceae	Herbácea	sementes
<i>Cyperus</i> sp.	Cyperaceae	Herbácea	sementes
<i>Desmodium uncinatum</i> (Jacq.) DC.	Papilionoidea	Herbácea	sementes
<i>Emilia sonchifolia</i> * (L.) DC	Asteraceae	Herbácea	sementes
<i>Erythroxylum pelleterianum</i> A. St.-Hil.	Erythroxilaceae	Arbustiva	sementes
<i>Eupatorium maximilianii</i> Scrad	Asteraceae	Arbustiva	gemas
<i>Indigofera hirsuta</i> L.	Papilionoidea	Arbustiva	sementes
<i>Inga</i> sp.	Mimosoideae	Arbórea	sementes
<i>Lantana camara</i> Kunth	Verbenaceae	Arbustiva-semi-arbórea	sementes
<i>Lantana trifolia</i> L.	Verbenaceae	semi-arbustiva	sementes
<i>Luehea</i> sp.	Tiliaceae	Arbórea	sementes
<i>Matayba elaeagnoides</i> (DC.) Radlk	Sapindaceae	Arbórea	sementes
<i>Melinis minutiflora</i> P. Beauv.	Poaceae	herbácea	sementes
<i>Momordica charantia</i> L.	Cucurbitaceae	Herbácea-trepadeira	sementes e caule subterrâneo
<i>Myrcia fallax</i>	Myrtaceae	Arbórea	sementes
<i>Oxalis</i> sp.	Oxalidaceae		
<i>Panicum</i>	Poaceae	Herbácea	sementes
<i>Panicum maximum</i> Jacq.	Poaceae	Herbácea	sementes e rizomas
<i>Piptadenia gonoachanta</i> (Mart.) J. F. Macbr.	Mimosoideae	Arbórea	sementes
<i>Rhynchospora dracunculifolia</i> DC	Cyperaceae	Herbácea	sementes
<i>Schinus terebinthifolium</i> Radii	Anacardiaceae	Arbórea	sementes
<i>Scleria</i> sp.	Cyperaceae	Herbácea	sementes
<i>Senecio</i> sp.	Asteraceae	Herbácea	sementes
<i>Senna hirsuta</i> (L.) H. S. Irwin & Barneby	Caesalpinoidea		sementes
<i>Senna macranthera</i> (DC. Ex Collad.) H. S. Irwin & Barneby	Caesalpinoidea	Arbórea	sementes
<i>Sida suaveolens</i>	Malvaceae	Herbácea	sementes
<i>Solanum viarum</i> Dunal	Solanaceae	Arbórea-arbustiva	sementes
<i>Starchytafeta cayenensis</i> (Rich.) Volch.	Verbenaceae	Herbácea	sementes
<i>Vernonia polyanthes</i> Less.	Asteraceae	Arbustiva-arbórea	sementes

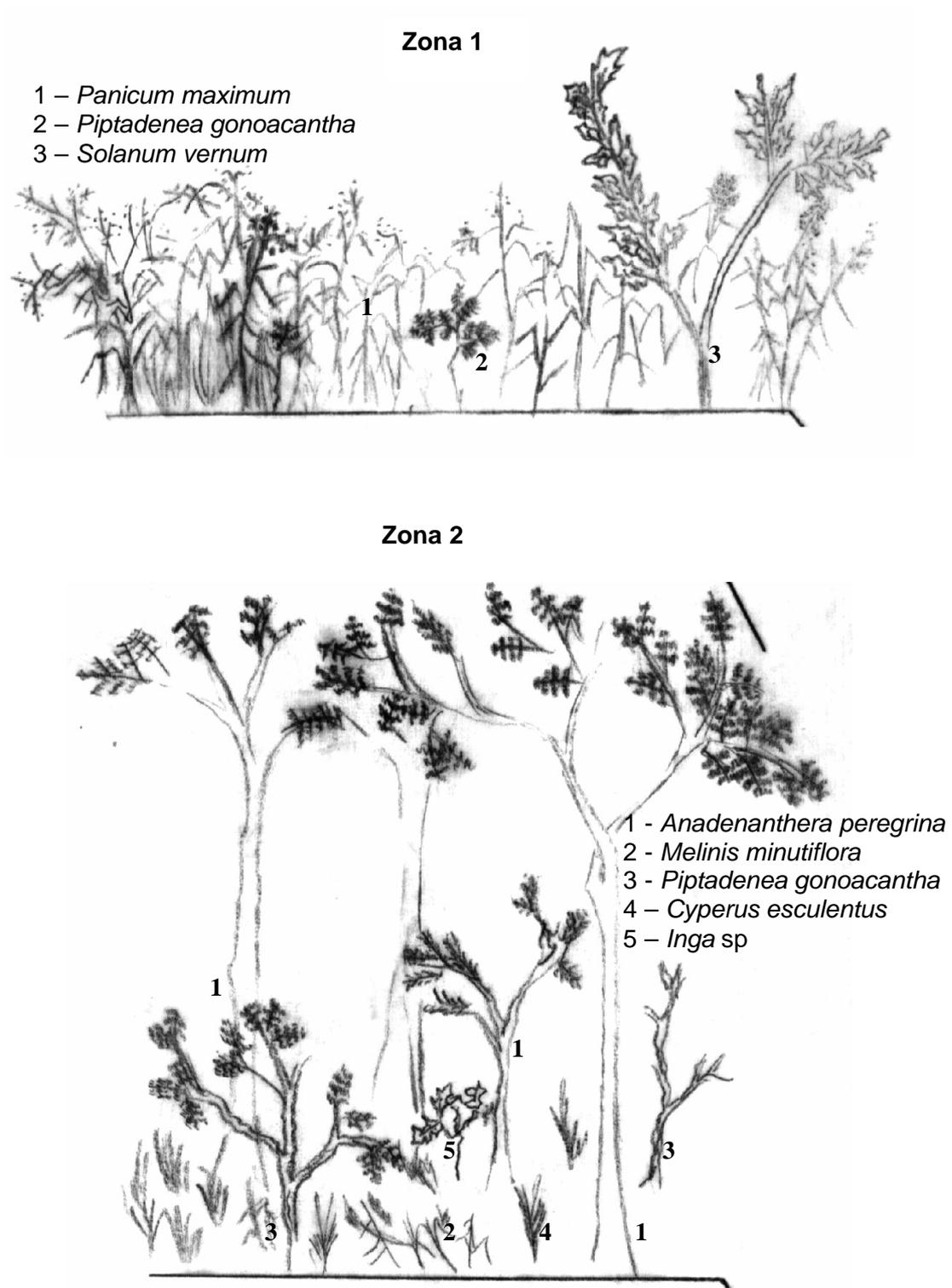


Figura 1A – Perfil esquemático da vegetação.

Zona 3

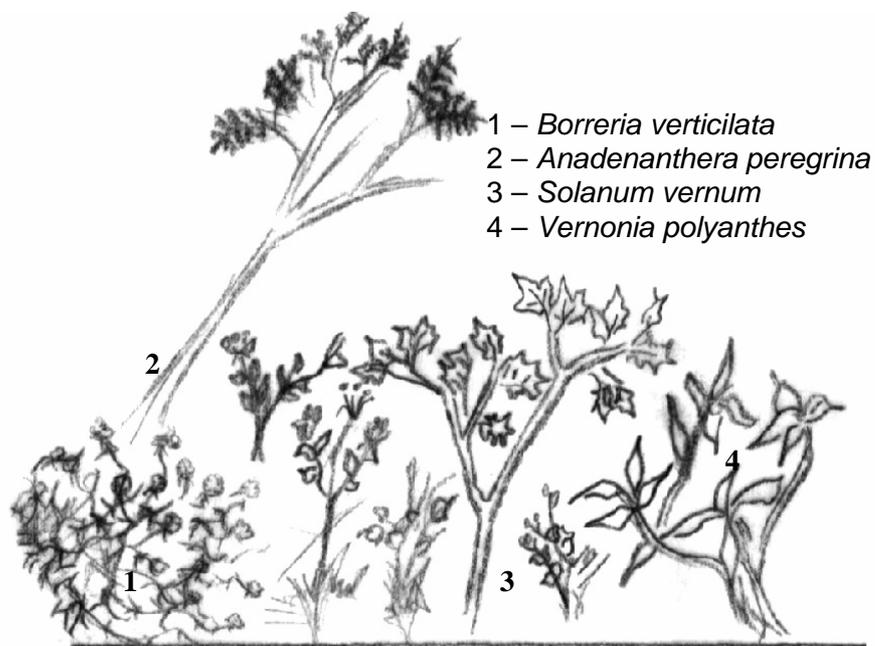


Figura 1A, Cont.

Quadro 3A – Dados climatológicos de Viçosa-MG, no período de dezembro de 2003 a março de 2004

Dias	Média (°C)	Max (°C)	Min (°C)	U (%)	Brilho Solar (h)	Chuva (21h-9h)	Intensidade (mm/H)
nov/03							
1	22,6	30,0	15,3	68	8,6	16,3	8
2	21,2	25,5	20,0	85	0,3	20,8	8
3	17,4	21,6	16,0	87	0,7		
4	17,3	24,6	12,6	66	11,8	0,5	0,5
5	18,5	25,8	12,0	72	5,8		
6	17,9	20,6	16,0	85	0	5,7	4
7	17,3	17,0	15,0	83	25,0	7,7	2,5
8	20,5	26,8	18,0	81	7,1	0	0
9	22,9	32,0	16,2	71	11,3	16,3	20
10	24,3	33,4	17,4	70	9,7	0	0
11	23,5	32,0	19,7	81	7,9	2,5	40
12	23,2	29,4	17,3	67	9,0	0	0
13	23,0	30,4	20,2	79	4,8	18	40
14	21,7	27,0	18,5	83	5,7	25	3
15	21,6	26,0	19,2	84	0,4	0,2	0,5
16	23,0	27,8	18,0	68	3,3	0,2	0,5
17	22,2	28,0	19,0	79	1,6	3,5	1,5
18	22,8	29,8	19,0	81	0,2	1,1	0,5
19	23,2	30,4	19,2	78	3,3	30,2	5
20	20,8	24,8	19,0	87	0	7,5	2
21	20,7	24,0	18,5	82	0,2	0	0
22	20,4	27,2	17,0	86	26,0	0	0
23	21,3	27,8	16,3	82	0,7	0	0
24	22,5	28,8	17,6	69	6,6		
25	22,6	29,4	18,2	73	9,4	0	0
26	23,7	30,8	17,5	71	6,1	0	0
27	23,9	30,6	17,9	65	7,6	0	0
28	24,8	32,0	21,8	76	3,4	2,6	1
29	24,3	29,2	22,0	75	1,4	10	8
30	22,9	27,0	21,0	87	0,2	0	0
dez/03							
1	19,5	28,6	21,8	75	1	20,5	20
2	23,3	26,6	21,8	88			
3	25,3	32,0	22,2	75	7,3	4,1	2
4	23,3	27,8	21,8	86	0,5	77,3	8
5	19,4	29,2	21,8	88	1,7	9,7	6
6	23,4	31,3	20,4	80	4,2	10,6	1,5
7	19,6	22,2	17,5	94		15,3	10
8	22,4	28,4	18,8	86	4,1	0,8	0,5
9	23,2	29,2	20,8	82	1,3	9,4	20
10	22,8	30,6	18,4	88	5,3	42,3	20

Continua...

Quadro 3A, Cont.

Dias	Média (°C)	Max (°C)	Min (°C)	U (%)	Brilho Solar (h)	Chuva (21h-9h)	Intensidade (mm/H)
11	23	29,2	20	79	60		
12	23,9	34	18,2	76	10,1	6	40
13	23,8	31,2	20	83	7,7	0	
14	25,3	30,2	19,5	84	6,1	0	0
15	23,5	31,2	18,7	69	0	0	0
16	24,1	33	17,7	71	0	0	0
17	24,5	32,4	18,3	73	0	0	
18	21,6	26,8	18,5	81	11	0	0
19	21,9	26,6	18,7	80	11	0	0
20	23	28,8	18	76	11		
21	23,6	30,6	19	82	11,1	14,7	2
22	22,1	28,8	18,5	90	11,1	0,7	0,5
23	22,4	29,2	18,8	84	11,1	5,8	1,5
24	22,8	29,4	20	81	11	1,5	1
25	21,6	27	19,8	90	11	37,5	40
26	20,6	25,6	18,5	90	11	48,6	40
27	21,3	28,8	17	83	11	6,7	4
28	21,1	24,4	18,8	79	11	0	0
29	21,7	27,4	19	78	11	0	0
30	23,8	31	19,2	75	11	0,6	0,5
31	23,9	31,6	20,6	77	11	3,6	2
jan/04							
1	24,2	29,8	21	83	11	5,2	
2	21,4	23	20,8	86	11	14,6	20
3	19,6	22	17,6	84	11	0,7	0,5
4	20	24,3	17,3	89	11		
5	22,2	27,8	18,8	78	11		
6	23,5	29,2	19,4	75	11		
7	21,4	27	18,2	88	11	4,6	1,5
8	20,9	22,4	19,2	93	11	115,6	40
9	20,2	21	19,6	95	11	27,5	8
10	21,9	24	20	91	11	2,6	11
11	23,8	29,2	20,2	89	11	30,8	40
12	24	29,2	21,2	85	11	0,6	0,5
13	23,3	29,4	20	88	11	4,2	4
14	23,6	28	20,7	88	11	36 (3,6)	20
15	25,5	29,8	20,5	88	11	29,8	20
16	23,3	30	20,5	82	11		
17	22,3	27	19,6	77	11		
18	20,5	27,4	16	70	11		
19	20,2	27,2	14	72	11		
20	20,3	26,6	15	76	11		
21	21,2	26,8	16,8	82	11,1	133,4	40
22	21,4	25,2	19,8	89	11	28,4	40

Continua...

Quadro 3A, Cont.

Dias	Média (°C)	Max (°C)	Min (°C)	U (%)	Brilho Solar (h)	Chuva (21h-9h)	Intensidade (mm/H)
23	21,5	25,4	19,8	82	11		
24	23,4	28,8	19,3	77	11		
25	22,6	27,2	19	74	11		
26	22,3	29	17,5	75	11		
27	22,3	29	16,8	78	11		
28	22,9	29,2	18,2	80	11		
29	22,6	31,8	17,5	77	11	0,7	0,5
30	23,2	30,2	17	72	11		
31	21,7	29,5	18,4	75	11	3,7	2
fev/04							
1	21,8	29,2	17,8	80	11		
2	23,1	29,6	17,5	75	11	1,4	20
3	23,2	30,8	18,3	75	3,2		
4	24,7	32	19,5	74	7,2		
5	24,2	31,2	19,5	74	7,5	0	0
6	23,5	29,6	20,2	80	0,9		
7	20,5	22,8	20	82	0	4,3	2
8	18	20,4	16,5	94	0	26,8	4
9	18,3	22,2	15,8	92	0	40,9	2
10	19,8	22,4	17,8	94	0	36,7	8
11	19	19,5	18	91	0	2,3	1
12	21	25,2	19,2	85	0,3		
13	19,3	29,6	18,5	79	7,1	11,7	8
14	21,9	27,4	17,5	80	5,7	2,3	2
15	21,1	23	20,5	95	0	6,5	2
16	23,1	27,4	20,5	85	2,1	55,8	10
17	22,4	29,2	18,2	87	1,9	3,1	0,5
18	23,4	30,4	19	83	3,6	10	0,5
19	27,1	27,6	21	90	1,6	2,6	3
20	23,1	27,4	20,5	86	1,6	8,4	6
21	23,4	27,8	21,6	80	2,4	0	0
22	21,9	29,2	18,4	82	8,5	0	0
23	24	18,6	30	77	8,6	18,5	40
24	23,1	28	19,8	84	2,3	42	8
25	23,6	30,8	19,3	82	7,7	41,3	8
26	21	28	19	86	4,7	64,7	20
27	21,1	26,2	18	90	4,6	10,8	10
28	18	24,4	16,3	89	5,3	31	20
29	20,1	29,5	15,2	79	6	4,3	3

Continua...

Quadro 3A, Cont.

Dias	Média (°C)	Max (°C)	Min (°C)	U (%)	Brilho Solar (h)	Chuva (21h-9h)	Intensidade (mm/H)
mar/04							
1	22,6	30,8	15,5	84	7,3	4	4
2	22,1	28,4	18,5	83	4,1	0,5	0,5
3	22,6	30	18	83	7,4	28,4	8
4	21,3	28	15,5	92	2	1,9	0,5
5	22,2	26,4	19,2	82	0,9	22,5	20
6	22,2	27,2	19,2	83	3	0,7	1
7	22,8	28,2	20	80	5,8	0,7	0,5
8	21,8	27,6	18,2	87	4,2	6,4	
9	22,7	29,4	18	79	10,8		
10	22,2	30,4	18	81	8,8		
11	22,3	29	17,8	82	8,2	7,5	8
12	21,8	28,6	18,4	74	7,4	0	0
13	21,4	27,4	18	82	6,2	0	0
14	21,7	28,4	16,2	75	8,4	5,3	7
15	22,1	25	19,5	86	0	3,1	1
16	22,1	29,6	19	86	6	5,6	3
17	22,4	29	19,6	82	6,4		
18	22,7	30	19	87	5,4		
19	21,8	25,8	19	86			
20	22,6	27,8	21	82	6,2	2,6	1
21	20,5	28,6	17,7	86	9	19,9	4
22	20	26,2	17,2	83	8,5	61,2	20
23	18,3	23,2	17	90	3		
24	18,6	26,4	14,5	83	8,3		
25	20,6	28,8	15	76	7,7		
26	19,5	26,8	16,5	82	9,5		
27	20,6	25,2	15,6	85	3,2		
28	20,8	27,6	16,8	77	7,9		
29	21,7	28,4	18,2	77	6,9		
30	20,9	28,6	15	80	8,6		
31	20,1	27,8	14,3	76	8,7	3	0,5

Quadro 4A – ANOVA da variável volume de suspensão de água + solo escoado analisada no experimento *Escoamento Superficial*

FV	G.L.	SQ	QM	F
Contraste 1	1	110,247	110,247	0,03 ^{ns}
Contraste 2	1	19889,02	19889,02	5,99
Contraste 3	1	376,323	376,323	0,113 ^{ns}
Contraste 4	1	1776,04	1776,04	0,53 ^{ns}
Contraste 5	1	21639,38	21639,38	6,51
Resíduo	12	39835,77	3319,648	
CV = 52,97				

Quadro 5A – ANOVA da variável massa de solo perdida analisada no experimento *Escoamento Superficial*

FV	G.L.	SQ	QM	F
Contraste 1	1	2739703	2739703	1,2 ^{ns}
Contraste 2	1	3302,92	3302,92	0 ^{ns}
Contraste 3	1	7134778	7134778	3,12 ^{ns}
Contraste 4	1	4559520	4559520	1,99 ^{ns}
Contraste 5	1	96237,91	96237,91	0,04 ^{ns}
Resíduo	12	27362700	2280225	
CV = 135,90				

Quadro 6A – ANOVA da variável Altura de plantas após 65 dias de semeadura (Alt1) analisadas no experimento *Estabelecimento de Espécies Vegetais*

FV	G.L.	SQ	QM	F
Plantas	5	6779,708	1355,942	13,21
Mantas	1	2197,94	2197,94	21,41
Mantas*Coberturas	5	727,24	145,448	1,41 ^{ns}
Testemunhas	1	23,632	23,632	0,23 ^{ns}
FatVsTest	1	2629,48	2629,48	25,62
Blocos	3	487,929	162,643	1,58 ^{ns}
Resíduo	39	4002,628	102,6315	
Total	55			
CV = 54,75				

Quadro 7A – ANOVA da variável número de indivíduos após 65 dias de semeadura (Ind 1) analisada no experimento *Estabelecimento de Espécies Vegetais*

FV	G.L.	SQ	QM	F
Plantas	5	108612,4	21722,48	27,66
Mantas	1	10950,52	10950,52	13,94
Mantas* Coberturas	5	25342,85	5068,57	6,45
Testemunhas	1	2812,5	2812,5	3,58
FatVsTest	1	31883,93	31883,93	40,61
Blocos	3	7417,5	2472,5	3,14
Resíduo	39	30618,5	785,0897	
Total	55			
CV =44,60				

Quadro 8A – ANOVA da variável altura de plantas após 207 dias de semeadura (Alt 2) analisada no experimento *Estabelecimento de Espécies Vegetais*

FV	G.L.	SQ	QM	F
Plantas	5	35238,6	7047,72	13,25
Mantas	1	9252,686	9252,686	17,4
Mantas* Coberturas	5	1483,472	296,6944	0,55 ^{ns}
Testemunhas	1	30,8112	30,8112	0,05 ^{ns}
FatVsTest	1	19697,69	19697,69	37,05
Blocos	3	7486,909	2495,636	4,69
Resíduo	39	20733,6	531,6308	
Total	55			
CV = 44,00				

Quadro 9A – ANOVA do número de indivíduos após 207 dias de semeadura (Ind2) analisada no experimento *Estabelecimento de Espécies Vegetais*

FV	G.L.	SQ	QM	F
Plantas	5	147403,4	29480,68	11,82
Mantas	1	5292	5292	2,12 ^{ns}
Mantas* Coberturas	5	18792,5	3758,5	1,5 ^{ns}
Testemunhas	1	8	8	0 ^{ns}
FatVsTest	1	45783,5	45783,5	18,36
Blocos	3	16581,29	5527,097	2,21 ^{ns}
Resíduo	39	97246,21	2493,493	
Total	55			
CV = 69,49				

Quadro 10A - ANOVA da variável índice de cobertura (IndCob) após 207 dias de semeadura (Ind2) analisada no experimento *Estabelecimento de Espécies Vegetais*

FV	G.L.	SQ	QM	F
Plantas	5	118,25	23,65	12,75
Mantas	1	8,333	8,333	4,49
Mantas*Coberturas	5	4,666	0,9332	0,5ns
Testemunhas	1	0,5	0,5	0,26ns
FatVsTest	1	146,678	146,678	79,13
Blocos	3	2,714	0,904667	0,48ns
Resíduo	39	72,285	1,853462	
Total	55			
CV = 32,30				

Quadro 11A – ANOVA da variável índice de cobertura (Biomassa) após 207 dias de semeadura (Ind2) analisada no experimento *Estabelecimento de Espécies Vegetais*

FV	G.L.	SQ	QM	F
Plantas	5	223393,7	44678,74	7,79
Mantas	1	77773,47	77773,47	13,56
Mantas*Coberturas	5	35536,85	7107,37	1,23 ^{ns}
Testemunhas	1	4,977	4,977	0 ^{ns}
FatVsTest	1	83782,7	83782,7	14,6
Blocos	3	53137,23	17712,41	3,08
Resíduo	39	223660,6	5734,887	
Total	55			
CV = 79,26				

Quadro 12A – Comparação das médias de cada tratamento com a testemunha pelo teste de Dunnett a 5% para as variáveis do experimento *Estabelecimento de Espécies Vegetais*, Altura das plantas aos 65 e 207 dias após semeadura (Alt 1 e Alt 2 respectivamente), número de indivíduos aos 65 e 207 dias após semeadura (Ind1 e Ind 2 respectivamente), índice de cobertura e biomassa aos 207 após semeadura

Espécies	Alt 1 (cm)		Alt 2 (cm)		Ind 1		Ind 2		IndCob		Biomassa (g/0,5m ²)	
	MacMat [®]	Fibrax [®]	MacMat [®]	Fibrax [®]								
<i>Brachiaria decumbens</i> (I)	22,8	50,61	ns	80,93	141	146,75	153,75	165,5	5,75	7	ns	164,42
<i>Melinis minutiflora</i> (II)	ns	36,1	94,56	124,13	187,5	58	200,25	ns	6,25	6,5	ns	256,12
<i>Stylosanthes guianensis</i> (III)	ns	ns	ns	62,43	ns	ns	ns	ns	2,5	4,5	ns	ns
(I) + (II) + (III)	29,58	37,56	ns	68,81	73	ns	ns	ns	4,75	5,5	ns	ns
(II) + (III)	ns	22,9	64,35	70,21	74,25	ns	ns	ns	5,5	6	ns	266,84