

ROSILENE EINLOFT

**MONITORAMENTO DE CARACTERÍSTICAS ASSOCIADAS À
CONTENÇÃO VEGETATIVA EM TALUDE RODOVIÁRIO DE
SAPROLITO DE GNAISSE, ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2004

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

T

E35m
2004

Einloft, Rosilene, 1969-

Monitoramento de características associadas à contenção vegetativa em talude rodoviário de saprolito de gnaiss, Zona da Mata de Minas Gerais. / Rosilene Einloft. – Viçosa : UFV, 2004.

xii, 95f. : il. ; 29cm.

Acompanha CD-ROM.

Inclui apêndice.

Orientador: Hugo Alberto Ruiz.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 85-91.

1. Solos - Degradação. 2. Solos - Conservação. 3. Solos - Agregação. 4. Solos - Micromorfologia. 5. Revegetação. 6. Taludes (Mecânica do solo). I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 20.ed. 631.45

ROSILENE EINLOFT

**MONITORAMENTO DE CARACTERÍSTICAS ASSOCIADAS À
CONTENÇÃO VEGETATIVA EM TALUDE RODOVIÁRIO DE
SAPROLITO DE GNAISSE, ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Aprovada: 18 de junho de 2004

Prof. Carlos Ernesto G.R. Schaefer
(Conselheiro)

Prof. James Jackson Griffith
(Conselheiro)

Prof. Luiz Marcelo Aguiar Sans

Prof. Walter Antônio Pereira Abrahão

Prof. Hugo Alberto Ruiz
(Orientador)

*Isto sabemos.
Todas as coisas estão ligadas
Como o sangue
Que une uma família...
Tudo o que acontece com a terra,
acontece com os filhos e filhas da terra.
O homem não tece a teia da vida;
ele é apenas um fio.
Tudo o que faz à teia,
ele faz a si mesmo.*

Ted Perry

Ao meu esposo *Ernani*.

Aos meus filhos *Felipe* e *Gaya*.

Aos meus pais *Raimundo* e *Nair*.

Às minhas irmãs e sobrinhos.

BIOGRAFIA

ROSILENE EINLOFT, filha de Raimundo Bezerra Bernardo e Nair Brasilina, nasceu em Viçosa, Minas Gerais, aos vinte e três dias do mês de março de 1969.

Em 1987, iniciou o curso de Engenharia Florestal na Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em agosto de 1992.

Em 1993, iniciou o curso de mestrado em Ciência Florestal na Universidade Federal de Viçosa, concluindo-o em outubro de 1996.

Em 1993, iniciou o curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa de tese em 18 de junho de 2004.

AGRADECIMENTO

A todos aqueles que participaram direta ou indiretamente da realização deste trabalho, expresse meus sinceros agradecimentos, em especial:

Ao Departamento de Solos da UFV, pela oportunidade concedida para a realização deste curso, e ao Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Hugo Alberto Ruiz, pela orientação plena, pelos conhecimentos transmitidos sempre com muita paciência e pela amizade.

Aos professores Carlos Ernesto R.G. Schaefer, James Jackson Griffith e Liovando Marciano da Costa, pelo suporte científico, pelo comportamento de equipe e pela amizade.

Aos professores Walter Antônio Pereira Abrahão e Luis Marcelo Sanz, pelos ensinamentos, pelas críticas e sugestões.

Ao Departamento de Estradas e Rodagens de Minas Gerais - DER/MG, e à empresa EGESA, pelo apoio para a realização deste trabalho.

A Aluisio Pereira Rodrigues, pela doação da biomanta utilizada no trabalho.

Ao professor Victor Hugo Alvarez V., pela colaboração prestada.

Aos funcionários do Departamento de Solos - UFV, João, Bené, Rogério, Beto, Carlos, Carlos Henriques (*in memoriam*), Carlinhos, José Roberto, Junia, Cláudia e Luciana, e especialmente ao laboratorista Cláudio Márcio Brustolini, pelo valioso apoio nos trabalhos de campo e de laboratório.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Florestal - UFV, especialmente aos laboratoristas Gilberto e Mauro, pelo carinho e pela atenção.

Aos professores e colegas do curso de pós-graduação e aos estagiários da iniciação científica, em especial a Marlete, Paulo César, Elaine, Rosane, Manoel Ricardo, Flávia, Felipe Andrade, Felipe Simas, Ermelinda, Agno e Gilberto, pelo companheirismo e pela amizade que ficou.

Ao amigo João Herbert, pela paciência, amizade e valiosa contribuição em todos os momentos em que precisei.

A Wilson Marcelo, pela inestimável ajuda na coleta de dados e na identificação das espécies vegetais.

Ao Ernani, Gaya e Felipe, por tolerarem meu estresse, conviver com minha ausência em momentos importantes e por me fazerem acreditar que conseguiria.

ÍNDICE

RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Degradação do solo em taludes rodoviários.....	3
2.2. Formação de crostas microfíticas	5
2.2.1. Estabilidade do solo	6
2.2.2. Infiltração e manutenção da umidade do solo.....	6
2.2.3. Disponibilidade de nutrientes.....	7
2.2.4. Efeitos sobre a germinação e o crescimento de plantas	8
2.3. Revegetação de taludes de estradas rodoviários.....	9
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1. Instalação do ensaio determinações iniciais	13
3.2. Determinações realizadas em 2002/2003	17
3.2.1. Mapeamento das tipologias nas parcelas	18
3.2.2. Caracterização do solo associado às tipologias.....	20
3.2.3. Índice de priorização de consórcios vegetais.....	21
3.3. Análises estatísticas	24

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1. Crescimento das espécies vegetais até junho de 1999	25
4.2. Índice de priorização dos consórcios vegetais em junho de 1999	29
4.3. Identificação e quantificação das tipologias em agosto de 2002	31
4.4. Quantificação das tipologias em abril de 2003	41
4.5. Dinâmica das tipologias no período de agosto de 2002 a abril de 2003	45
4.6. Observações qualitativas da competição entre tipologias	51
4.7. Diferenciação da crosta microfítica	55
4.8. Caracterização química, física e micromorfológica do solo associado às tipologias.....	57
4.8.1. Caracterização química	57
4.8.2. Caracterização física	63
4.8.3. Caracterização micromorfológica.....	68
4.9. Índice de priorização dos consórcios vegetais em agosto de 2002 e em abril de 2003	77
5. RESUMO E CONCLUSÕES	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
APÊNDICE	92

RESUMO

EINLOFT, Rosilene, D.S., Universidade Federal de Viçosa, abril, 2004.
Monitoramento de características associadas à contenção vegetativa em talude rodoviário de saprolito de Gnaisse, Zona da Mata de Minas Gerais. Orientador: Hugo Alberto Ruiz. Conselheiros: Carlos Ernesto R.G. Schaefer, James Jackson Griffith e Liovando Marciano da Costa.

O trabalho foi realizado com o objetivo de monitorar características associadas à contenção vegetativa e, em longo prazo, o surgimento de novas formas de cobertura ou exposição do solo em resposta a revegetação com gramíneas e leguminosas em talude rodoviário de elevada declividade. Para a realização do estudo foi escolhido um talude de corte com 75° de inclinação, em Viçosa, MG. Os tratamentos, no esquema 1 + 3², consistiram de uma testemunha e nove combinações de uma gramínea (*Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens* ou *Brachiaria ruziziensis*) e uma leguminosa [mucuna preta (*Stizolobium aterrimum*), feijão guandu (*Cajanus cajan*) ou lab lab (*Dolichos lab lab*)]. As parcelas receberam mistura de adubo, calcário dolomítico, esterco bovino e sementes. Logo, foram cobertas por uma biomanta resultante do entrelaçamento de fibras vegetais. Para avaliar a contribuição de cada mistura para revegetação do talude em estudo foi feito acompanhamento periódico na área. Seis meses após a instalação do

ensaio, em junho de 1999, determinou-se a percentagem de cobertura vegetal e a produção de matéria seca da parte aérea de gramíneas, da parte aérea de leguminosas e de raízes de gramíneas e leguminosas. No quarto ano de implantação do ensaio foram observadas novas formas de cobertura ou exposição do solo, as quais denominaram-se de tipologias. Em acréscimo as braquiárias e leguminosas originais, verificou-se a presença de capim gordura, outras espécies invasoras, biomanta, resíduos em decomposição, crosta microfítica, crosta física, solo exposto, solo erodido e rocha. Para quantificar essas tipologias foram realizados dois levantamentos, o primeiro em agosto de 2002 (antes do período chuvoso) e o segundo em abril de 2003 (após as chuvas). De posse dessas informações, foram confeccionados mapas de cobertura para cada parcela experimental e analisadas a dinâmica, a distribuição espacial, a frequência e a competição entre as tipologias encontradas nos dois levantamentos. O solo associado as tipologias foi caracterizado química, física e micromorfologicamente. Para a seleção dos melhores tratamentos em cada um dos três levantamentos foi desenvolvido um índice de priorização que considerou simultaneamente o conjunto das características analisadas experimentalmente. Para escolher os tratamentos mais apropriados, os três índices foram somados após padronização, que consistiu em atribuir nota 10 ao valor máximo de cada levantamento. Os valores restantes foram calculados de forma proporcional. Da análise do índice conjunto padronizado pode concluir-se que a mucuna preta foi a leguminosa mais apropriada no processo de revegetação, seguida pelo feijão guandu e pelo lab lab, que as características semelhantes de crescimento das braquiárias permitiram apontar respostas alternativas, dependendo da leguminosa associada, e que o consórcio mais efetivo foi o resultante da associação da mucuna preta com a braquiária brizanta.

ABSTRACT

EINLOFT, Rosilene, D.S., Universidade Federal de Viçosa, April, 2004.
Monitoring of characteristics associated with vegetative containment on road slopes of gneiss saprolite, Zona da Mata region, State of Minas Gerais. Adviser: Hugo Alberto Ruiz. Committee Members: Carlos Ernesto R.G. Schaefer, James Jackson Griffith and Liovando Marciano da Costa.

This study had the objective of monitoring characteristics associated with vegetative containment and, over the long term, the appearance of new forms of cover or soil exposition in response to revegetating a very steep road slope with grasses and legumes. The 75% slope chosen, the result of a road cut, is located in Viçosa, State of Minas Gerais, Brazil. The treatments set out in a $1 + 3^2$ design consisted of a control plot and nine combinations of a grass (*Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens* or *Brachiaria ruziziensis*) and a legume [“mucuna preta” (*Stizolobium aterrimum*), “feijão guandu” (*Cajanus cajan*) or “lab lab” (*Dolichos lab lab*)]. The plots received a mixture of fertilizer, dolomite lime, cow manure and seeds. This mixture was covered with a biological erosion control blanket consisting of intertwined plant fibers. Periodic on-site investigations of the slope evaluated the contribution of each mixture to plantings. Six months after implementing the experiment in June 1999, the percentage of vegetative cover and the production of

aerial dry weight by grasses, of aerial dry weight by legumes, and by roots of grasses and of legumes, were measured. Four years after implementation, new forms of cover or soil exposition were observed, which were considered typologies. In addition to the originally planted grasses and legumes, occurrences of *Melinis minutiflora*, other invading species, erosion control blanket material, residues in decomposition, microphytic crust, physical crust, exposed soil, eroded soil, and rock were also verified. Two data collections were done to quantify these typologies, the first in August 2002 (before the rainy season) and the second in April 2003 (after the rainy season). Using this information, ground cover maps were assembled for each experimental plot, and the dynamics, spatial distribution, frequency and competition among typologies observed from the two data collections were analyzed. Chemical, physical and micro morphological analyzes were performed on soils associated with the typologies. To select best results from each of the three data collections, a prioritization index was developed which considered simultaneously as a whole the characteristics analyzed experimentally. To choose the most appropriate treatments, the three indexes were summed after standardization, consisting of attributing grade 10 to the maximum value obtained from each data collection. The remaining values were calculated proportionally. From this standardized whole index analysis, it may be concluded that *Stizolobium aterrimum* was the most appropriate legume in the revegetation process followed by *Cajanus cajan* and by *Dolichos lab lab*, that the similar growing characteristics of the three *Brachiaria* grasses permit suggesting alternative responses, depending on the associated legume, and that the most effective consortium resulted from the association of *Stizolobium aterrimum* with *Brachiaria brizantha*.

1. INTRODUÇÃO

A construção de rodovias é uma atividade que provoca considerável alteração da paisagem, devido à remoção de terra proveniente do corte de morros. Esse problema intensifica-se na Zona da Mata mineira, onde predominam áreas de declividade acentuada. Em consequência dos cortes, também são criadas áreas de aterro, com depósito de grandes volumes de terra, caracterizados pela baixa fertilidade do solo e ausência de estrutura, o que pode dificultar consideravelmente a resiliência natural do sistema e da paisagem local, provocando sérios problemas de erosão.

O grau de degradação do meio ambiente, nessa atividade, depende da extensão e do tipo das obras executadas. Quando as operações são superficiais, há uma razoável recuperação natural das áreas atingidas. Entretanto, quando a degradação se estende a níveis que impedem a resiliência do ecossistema, o meio torna-se ineficiente para restaurar a biodiversidade e as funções ecológicas preexistentes, devendo ser aplicadas técnicas de recuperação para acelerar o processo regenerativo.

A vegetação é um importante fator de controle da erosão: amortece o impacto das gotas de chuvas, eleva a porosidade da camada superficial do solo e apresenta-se como barreira física ao transporte de material em suspensão. No setor rodoviário essa importância é acentuada pelas profundas modificações do terreno, em decorrência das obras de construção de estradas.

Procurando viabilizar o processo regenerativo em áreas degradadas, têm sido realizadas pesquisas para a escolha de espécies adequadas à revegetação. Outro aspecto dos trabalhos focaliza a comparação de técnicas de revegetação. Nessas avaliações, a biomanta tem se mostrado uma alternativa promissora.

Em áreas degradadas, a dificuldade na recuperação de condições físicas e biológicas adequadas torna-se, em geral, maior que a do restabelecimento de condições nutricionais apropriadas para o crescimento das plantas. Esse problema acentua-se em terrenos declivosos, em que a degradação leva à formação de camadas adensadas, dificultando a infiltração da água e favorecendo a erosão hídrica. Entretanto, também são verificadas, nessas áreas, ocorrências de crostas microfíticas, que, ao contrário das crostas físicas, podem favorecer a infiltração e preservação da água no solo.

Assim, a avaliação de características físicas do meio, associadas à densificação, ao papel das crostas microfíticas e à cobertura por espécies vegetais na estabilização de encostas, torna-se importante na comparação dos tratamentos impostos, visando a recuperação dessas áreas.

O objetivo deste trabalho foi monitorar características associadas à contenção vegetativa e, em longo prazo, o surgimento de novas formas de cobertura ou exposição do solo em resposta à revegetação com gramíneas e leguminosas, em talude rodoviário de elevada declividade.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Degradação do solo em taludes rodoviários

A degradação do solo causada pelo setor rodoviário ocorre por ocasião da abertura, manutenção ou pavimentação das estradas. A degradação se inicia com a remoção da vegetação nativa e com a exposição do solo às condições ambientais, podendo ocorrer várias alterações em suas características físicas, químicas e biológicas.

Nessas atividades há exploração de pedreiras, áreas de empréstimo e bota-foras, bem como operações de terraplanagem, com taludes de cortes geralmente íngremes e aterros.

Para maior compreensão dos termos utilizados no setor rodoviário, são necessárias algumas definições. O termo encosta refere-se a uma superfície natural inclinada que une outras superfícies. Com relação a talude, entende-se que é o resultado de uma alteração antrópica realizada em uma encosta natural. Dessa forma, com a intervenção em uma encosta podem ser gerados vários tipos de taludes, como: de corte, de aterro, de bota-fora ou, ainda, de área de empréstimo (CUNHA et al., 1991).

Com a construção de um talude, diversas forças começam a agir no local. Existem forças representadas por fatores externos, como

temperatura, insolação e precipitação. Também atuam forças que representam os fatores intrínsecos de cada solo, como textura, estrutura, coesão e permeabilidade, entre outros.

Após o corte no relevo local para abertura da estrada, ocorrerá desequilíbrio entre os fatores externos e intrínsecos, devido a declividade e altura do talude, exposição da superfície às condições intempéricas e falta de vegetação e de matéria orgânica. Isso resulta em uma relação desfavorável ao restabelecimento das condições de estabilidade. A dimensão dos distúrbios e, conseqüentemente, a dinâmica do processo vão depender de características próprias de cada solo, associadas a condições climáticas de cada região. Logo, é fácil perceber que a seqüência de eventos será diferenciada, dependendo da região ou do tipo de solo considerado.

O solo descoberto fica sujeito ao choque contínuo das gotas de chuva, que tem como uma das suas principais conseqüências a degradação da estrutura, afetando principalmente os agregados expostos na superfície (HILLEL, 1980). Os efeitos provenientes da erosão podem levar a alterações na topografia do terreno. A erosão pode ocorrer de forma laminar ou em sulcos, dependendo de condições como: textura, teor de matéria orgânica, permeabilidade do terreno, declividade do talude e forma da encosta, entre outras (PARZANESE, 1991; FARIAS, 1992).

Outro efeito proveniente da degradação da estrutura pelo impacto da chuva é o aparecimento de crostas físicas. Essas crostas podem ser definidas como camadas adensadas formadas na superfície do solo, com espessura variando de poucos milímetros a alguns centímetros, as quais, quando secas, apresentam-se mais duras, compactas e quebradiças quando comparadas ao material subjacente (CURI et al., 1993).

Na superfície do solo, o selamento diminui a infiltração. Em subsuperfície, a degradação da estrutura provoca redução do movimento de água no perfil e, eventualmente, diminuição da capacidade de armazenamento e disponibilidade. Essas alterações levam ao incremento do escoamento superficial (RÖMKENS et al., 1990; SLATTERY e BRYAN, 1992, 1994).

As crostas físicas podem ocorrer, em taludes, quando se retira a vegetação (exposição a condições intempéricas). Em áreas planas ocorrem principalmente em solos cultivados, devido à retirada de restos culturais da superfície e em resposta a operações de preparo do solo, que levam à danificação da estrutura (HILLEL, 1980).

Considera-se que as crostas físicas protegem o solo da erosão eólica, mas não da hídrica (USDA, 2001). A crosta física dificulta também o estabelecimento de plântulas. Sua formação contrapõe duas forças opostas: a energia de crescimento da plântula e a resistência de penetração dessa camada endurecida (LEMOS e LUTZ, 1957).

2.2. Formação de crostas microfíticas

Crostas microfíticas são camadas orgânicas delgadas, com espessura entre 5 e 50 mm, formadas na superfície de vários substratos (rocha, saprolito ou solo) por comunidades de microrganismos e plantas inferiores, que podem compreender bactérias, fungos, algas, líquens e, ou, briófitas (PÉREZ, 1997). São também denominadas crostas criptogâmicas, criptobióticas, ou microbióticas.

Assim como as crostas físicas, as microfíticas podem ocorrer em taludes (TRINDADE et al., 2001) e em áreas planas (PÉREZ, 1997; USDA, 1997). Essas crostas, ao contrário das crostas físicas anteriormente descritas, são consideradas benéficas à revegetação do talude, por contribuírem com a estabilidade do solo e favorecerem a infiltração da água, a manutenção da umidade, a ciclagem de nutrientes, a germinação das sementes e o crescimento de plântulas. Entretanto, a literatura relata que alguns dos benefícios atribuídos às crostas microfíticas dependem do tipo de organismos que compõem a crosta. Dessa forma, situações opostas às descritas podem ser observadas (LEONARD et al., 1995).

2.2.1. Estabilidade do solo

As crostas microfíticas contribuem para a agregação e conseqüentemente para a estabilidade do solo, por meio da cimentação das partículas pelos exsudatos gelatinosos e pelas estruturas dos microrganismos (SCHULTEN, 1985; GRAETZ e TONGWAY, 1986).

As crostas formadas por cianobactérias e algas verdes apresentam filamentos que, em seu crescimento, agregam as partículas do solo. Esses filamentos exsudam polissacarídeos que contribuem para a cimentação das partículas. Os fungos, tanto os de vida livre como os liquenizados, contribuem para a estabilidade ligando partículas do solo com suas hifas. A contribuição dos musgos na estabilidade do solo se dá por meio dos rizóides, aumentando a resistência à ação do vento e da água. Esses rizóides são filamentos em forma de pêlos que, nas plantas não-vasculares, exercem a função de raízes e têm aspecto semelhante ao destas. Quanto maior o crescimento superficial dessas crostas, maior a estabilidade dos agregados e maior a resistência à erosão hídrica (USDA, 1997).

2.2.2. Infiltração e manutenção da umidade do solo

A influência das crostas microfíticas na infiltração de água e na manutenção da umidade do solo depende do grau de desenvolvimento e dos organismos constituintes da crosta, do clima, do solo e do histórico de degradação da área. Diante de tantos fatores, resultados conflitantes são observados na literatura (LEONARD et al., 1995).

As crostas microfíticas podem influenciar o processo de infiltração por meio de vários mecanismos. Alguns trabalhos mostram aumento na infiltração na presença de crostas microfíticas como um efeito indireto, pois a infiltração é decorrente do aumento da estabilidade de agregados (WILLIAMS, 1994). Outro mecanismo considerado é a influência das crostas microfíticas, reduzindo o desenvolvimento de selamento físico em alguns solos. A presença da crosta na superfície do solo diminui a energia

das gotas de chuva e a velocidade do escoamento, favorecendo a infiltração da água (BOOTH, 1941; FLETCHER e MARTIN, 1948; SHIELS e DURRELL, 1964).

Os organismos da crosta podem facilmente utilizar umidade do orvalho e, no caso de algumas algas, vapor de água. Uma pesquisa realizada com cianobactérias e algas verdes mostrou que certas espécies podem retirar água a um potencial osmótico de 5 MPa. Essa habilidade para absorver água nesses valores é uma característica benéfica à sobrevivência em ambientes secos. Muitos organismos componentes das crostas são extremamente tolerantes à seca. Entretanto, deve-se considerar que, nessas condições, não é assegurado seu crescimento e suas funções. As cianobactérias podem ter sua fotossíntese inibida em baixos níveis de umidade. Líquens não parecem ser tão sensíveis a essa característica (USDA, 1997).

No entanto, efeitos negativos das crostas microfíticas para a infiltração de água e manutenção da umidade também foram verificados. A redução na capacidade de infiltração foi relatada por GRAETZ e TONGWAY (1986). Segundo esses autores, os polissacarídeos produzidos pelas cianobactérias têm a capacidade de reter muitas vezes o seu volume em água, fato que ocorre geralmente durante as chuvas. Nesse processo há uma expansão dos filamentos, formando um selo impermeável na superfície do solo, que dificulta a infiltração da água. Apesar desse efeito negativo, alguns trabalhos consideram que ele é temporário, pois a água retida nos polissacarídeos ou por alguns organismos pode, em algumas situações, ser liberada lentamente para o meio (WILLIAMS, 1994; Campbell et al., 1989, citados por KALTENECKER e WICKLOW-HOWARD, 1994).

2.2.3. Disponibilidade de nutrientes

Um dos efeitos benéficos das crostas microfíticas - que parece ser consensual na literatura - diz respeito à contribuição no fornecimento de nutrientes. Os solos estabilizados por crostas microfíticas tendem a ter

maiores concentrações de material orgânico e maiores teores de nitrogênio, cálcio, magnésio, potássio e fósforo (LEONARD et al., 1995).

A fixação de nitrogênio é realizada pelas cianobactérias tanto de vida livre como aquelas simbióticas de líquens. A estimativa do nitrogênio fixado varia muito, sendo encontrados na literatura valores de até 100 kg/ha/ano. A captação máxima de nitrogênio acontece quando os organismos são mais ativos, ou seja, quando crescem em faixas consideradas ótimas para a fotossíntese e fixação de nitrogênio. Dessa forma, o aumento dos teores desse nutriente é mais evidente próximo à superfície do solo, em razão da dependência dos organismos por luz (JEFFRIES et al., 1992).

Com relação aos demais nutrientes, os processos envolvidos no incremento da disponibilidade são associados à ciclagem e a fixação de partículas em suspensão e ao intemperismo bioquímico (USDA, 1997). Nesse último processo, os efeitos da crosta microfítica são atribuídos à excreção de ácidos orgânicos e à formação de quelatos com componentes inorgânicos do substrato, levando à decomposição e neossíntese de minerais de argila na interface substrato-crosta (WILLIAMS e ROBINSON, 1994).

2.2.4. Efeitos sobre a germinação e o crescimento de plantas

O inter-relacionamento entre as crostas microfíticas e as plantas vasculares é complexo. A interação pode ser competitiva, mutualística, ou neutra, dependendo do estágio fenológico dos organismos, do clima, dos recursos edáficos e da interação planta-microrganismo. Tanto o estágio primário como o secundário da sucessão podem influenciar a relação entre a crosta e as plantas (LEONARD et al., 1995).

Na interação competitiva, crostas microfíticas podem inibir o estabelecimento de plântulas de plantas vasculares e reduzir a estrutura da comunidade. Em trabalhos em casa de vegetação, foi observada competição entre cianobactérias e uma espécie de sorgo quanto a cálcio, fósforo e manganês (WEST, 1990).

Além dessas situações, muitos trabalhos relatam o efeito da alelopatia por parte de constituintes da crosta, afetando a sucessão vegetal (RICE, 1984). Algumas espécies, como o *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, uma samambaia cosmopolita e muito comum no Brasil, foi incluída nesse grupo (GLIESSMAN e MULLER, 1978). Além do *Pteridium* sp., também foi comprovado efeito alelopático de espécies de Gleicheniaceae, inibindo a germinação e o crescimento radicular de algumas espécies vegetais (SOARES e VIEIRA, 2000). A presença isolada de crostas microfíticas contendo samambaias é uma realidade. Em áreas afetadas por um distúrbio, ou seja, ambiente desfavorável à colonização de plantas, essas espécies se apresentam quase sempre isoladas.

O outro tipo de interação entre as crostas microfíticas e as plantas é a mutualística. Nessa situação, ocorre o aumento da diversidade florística e aumento do estabelecimento de plântulas de espécies vasculares. O aumento da diversidade e do estabelecimento de plântulas é atribuído aos microssítios seguros aos propágulos, propiciados pelas crostas microfíticas, que fornecem maior disponibilidade de nutrientes e água para o crescimento das plantas vasculares (GRAETZ e TONGWAY, 1986).

2.3. Revegetação de taludes de estradas rodoviários

Após a retirada da cobertura natural pela abertura de estradas, a substituição da vegetação é fundamental para o restabelecimento da área perturbada. A vegetação intercepta gotas de chuva, reduzindo apreciavelmente sua energia cinética antes de alcançarem o solo. Trabalhos mostram redução de até 90% das perdas de solo decorrentes da presença de vegetação (BERTOL, 1989). Outra função desempenhada pela cobertura vegetal é atenuar a variação de temperatura na superfície do solo (FARIA, 1996; FULLEN, 1998; ROBINSON e PHILLIPS, 2001).

Nas últimas duas décadas, o Departamento de Estradas de Rodagens (DER) tem instruído seus técnicos de práticas mais corretas no momento da abertura de estradas, assim como de processos de revegetação, diminuindo assim a degradação das áreas trabalhadas. Entretanto, ainda hoje, não é realizada a revegetação de todas as áreas perturbadas. As

áreas não-revegetadas ficam sujeitas ao processo de regeneração natural. Nessa situação, além de ser um processo mais lento, o sistema estará submetido a agravantes, como a exposição solar do talude, proximidade e qualidade da fonte de propágulos, entre outros.

A exposição dos taludes está intimamente ligada à infiltração e evapotranspiração da água e, conseqüentemente, aos danos causados às plantas (estresse hídrico). Também se relaciona com a quantidade de radiação solar, estando diretamente ligada a questões de fotoperíodo das plantas (ABRAHÃO e MELLO, 1998).

Em um levantamento florístico em Horizontes C de taludes de estradas na região de Viçosa-MG, SANTANA FILHO et al. (1995) verificaram que o maior número de espécies e indivíduos ocorria nos taludes com orientação solar sul e leste. Os pesquisadores concluíram que isso se devia à menor exposição solar, com conseqüente aumento da umidade no solo, favorecendo uma maior colonização vegetal.

Além dos aspectos de água e luz, a fonte de propágulos tem importância vital no processo. A recolonização vegetal é diretamente proporcional à distância e qualidade da fonte de propágulos. A maioria das espécies dispersa suas sementes por via anemocórica ou zoocórica. Portanto, a distância da fonte de propágulo influencia diretamente a quantidade de material vegetativo que chega ao solo (RESENDE et al., 1985; MCLANAHAN, 1986; MELO et al., 2000). A qualidade da fonte vai depender do tamanho do fragmento da área revegetada e da riqueza de espécies nele presentes (KOLB, 1993).

Para contornar o fator tempo na revegetação de taludes rodoviários, pesquisas têm sido realizadas para a escolha de espécies, em que as características favoráveis baseiam-se em rápida germinação, crescimento radicular, parte aérea, cobertura vegetal e baixa exigência nutricional, entre outras (EINLOFT, 1996).

Com relação ao método de revegetação empregado, algumas técnicas têm sido adotadas pelo setor rodoviário, como: hidrossemeadura, uso de biomanta, uso de serapilheira e *topsoil* (EINLOFT et al., 2000). As biomantas, de interesse neste estudo, podem ser definidas como tecidos de fibras vegetais, usados como manta para recobrimento do solo. Esses

revestimentos biodegradáveis podem ser utilizados em áreas planas; entretanto, são usados principalmente em taludes de corte. Nesses locais, a declividade apresenta-se como forte restrição à fixação de sementes e à incorporação de matéria orgânica e adubos químicos.

A utilização de sacos de aniagem, um exemplo de biomanta, é uma das técnicas mais promissoras para implantação de um estrato arbustivo e vem sendo adotada com sucesso na recuperação de taludes em áreas mineradas, estradas de rodagem e no meio urbano (SILVA, 1993a; SOUZA, 1997). Ela permite a rápida cobertura vegetal da área e a auto-sustentabilidade ao longo dos anos. Acredita-se que a manta fornecida pelos sacos de aniagem simula a condição ótima da camada superficial do solo (Horizonte A), perdida na ocasião de sua degradação (COSTA, 1997). Segundo a técnica, as sementes das espécies vegetais, juntamente com os fertilizantes, são misturadas a capim picado, terra e esterco bovino. Uma vez preenchidos, os sacos são fechados, compartimentalizados e fixados no talude (SILVA, 1993a).

Outra biomanta bastante utilizada é a tela vegetal fabricada por entrelaçamento de fibras vegetais. Essas fibras podem ser originadas de capim-colonião, capim-jaraguá, fibra da casca do coqueiro ou outros materiais disponíveis na região (EINLOFT et al., 2000). Para implantação dessa prática, são realizadas pequenas covas, distribuídas uniformemente por toda a área. Após o coveamento, é preparada uma mistura com fertilizantes, esterco bovino e sementes pré-selecionadas. Essa mistura é distribuída entre as covas e, logo após, colocada a tela vegetal de maneira a cobrir toda a área semeada.

No entanto, além da escolha das espécies e da técnica apropriada, alguns cuidados devem ser observados. GRIFFITH et al. (1994) sugeriram que a revegetação de áreas degradadas deve ser realizada obedecendo a duas fases. A primeira fase visa a promoção do recobrimento rápido do solo com vegetação receptiva ao início do processo sucessional; em uma fase posterior, deve-se manipular a dinâmica sucessional, levando a um sistema auto-sustentável.

Isso sugere que, ao se recomendar um determinado consórcio de plantas para a revegetação do local, devem ser consideradas as respostas em

longo prazo. A sucessão de eventos com os anos, após a revegetação de uma área, em geral não é estudada, pois o interesse das instituições muitas vezes é apenas imediato. Com o passar do tempo, um consórcio que se apresentou favorável na fase inicial pode não ser adequado no futuro, deixando a área com o solo descoberto e suscetível à ação dos fatores intempéricos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Instalação do ensaio e determinações iniciais

O ensaio foi implantado em dezembro de 1998 em um talude de corte, situado aproximadamente a 600 m da usina de reciclagem de lixo urbano da Prefeitura Municipal de Viçosa. O corte foi realizado em um Latossolo Vermelho-Amarelo, por ocasião da pavimentação da BR-482, no subtrecho entre Viçosa e Araponga, MG (Figura 1).

Os quatro blocos do experimento foram distribuídos em duas faces desse talude, com 75 ° de inclinação. A localização das parcelas foi predominantemente em Horizonte C, ficando algumas delas situadas em áreas de transição entre B e C. Os tratamentos, no esquema 1 + 3², consistiram de uma testemunha e nove combinações de uma gramínea e uma leguminosa. As parcelas de 9 m² (3 x 3 m), à exceção das testemunhas, foram coveadas (Figura 2). Nelas aplicou-se, a lanço, uma mistura de 63 g de 8-28-16, 225 g de calcário dolomítico e 5 L de esterco bovino, acrescida da mistura de sementes correspondente a cada tratamento.

A quantidade de sementes utilizadas teve como referência as recomendações para a formação de pastagens (CARVALHO e CRUZ FILHO, 1994) e dados informais obtidos em trabalhos de revegetação realizados por empresas especializadas. A massa total sempre foi de 270 g (Quadro 1).

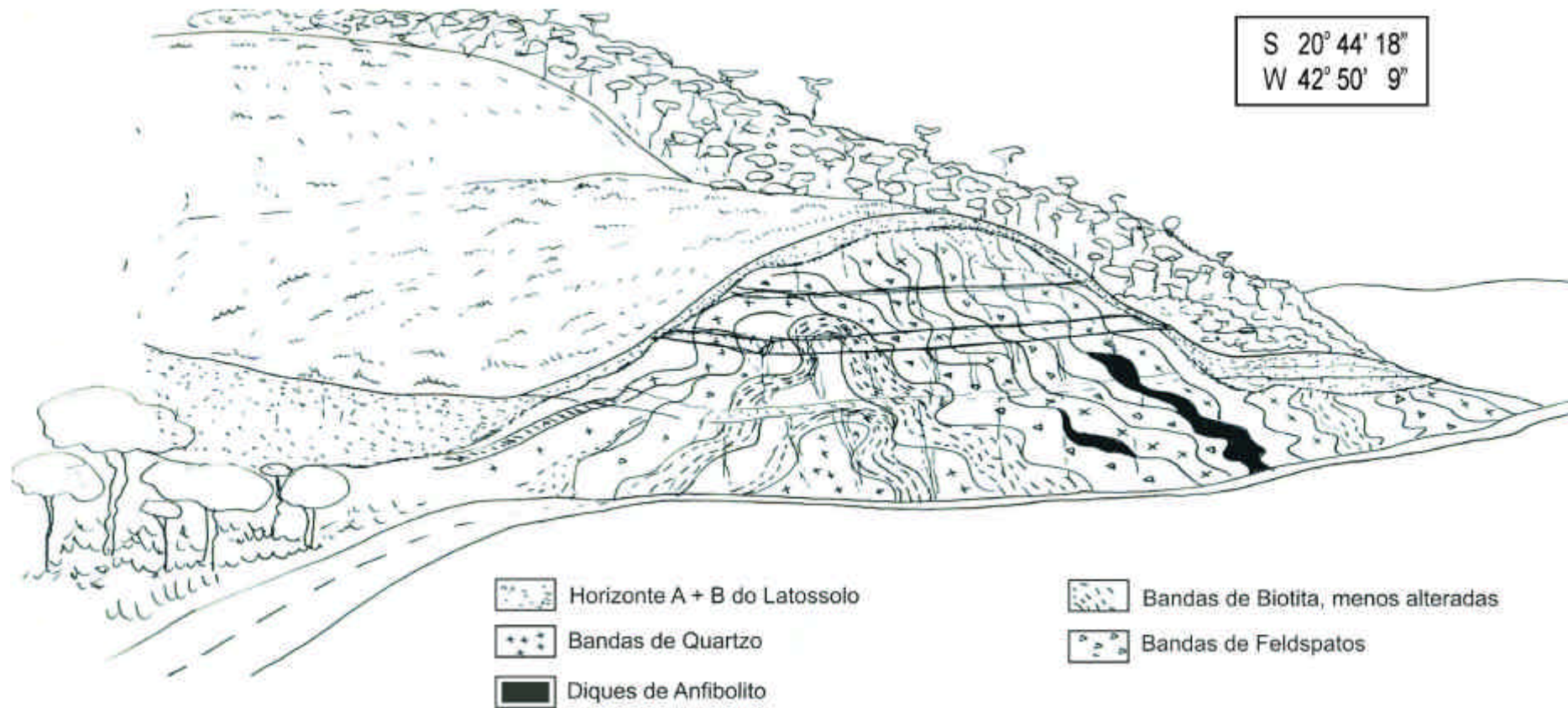


Figura 1. Corte esquemático ilustrando a variabilidade do solum (A + B + C) na área onde foi instalado o experimento (saprolipto de gnaíse).



Figura 2. Vista geral do talude onde foi instalado o ensaio (1) e os processos de coveamento (2) e implantação da biomanta (3).

Quadro 1. Nome científico, nome comum e quantidade de sementes de gramíneas e leguminosas utilizadas nas parcelas experimentais de 9 m²

Tratamento	Gramínea			Leguminosa		
	Nome científico	Nome vulgar	Quantidade	Nome científico	Nome vulgar	Quantidade
			g/parcela			g/parcela
T1	Solo descoberto		-	Solo descoberto		-
T2	<i>Brachiaria brizantha</i>	Braquiária brizanta	109	<i>Stizolobium aterrimum</i>	Mucuna-preta	161
T3			105	<i>Cajanus Cajan</i>	Feijão-guandu	165
T4			135	<i>Dolichos lab-lab</i>	Lab lab	135
T5	<i>Brachiaria decumbens</i>	Braquiária decumbens	109	<i>Stizolobium aterrimum</i>	Mucuna-preta	161
T6			105	<i>Cajanus Cajan</i>	Feijão-guandu	165
T7			135	<i>Dolichos lab-lab</i>	Lab lab	135
T8	<i>Brachiaria ruziziensis</i>	Braquiária ruziziensis	109	<i>Stizolobium aterrimum</i>	Mucuna-preta	161
T9			105	<i>Cajanus Cajan</i>	Feijão-guandu	165
T10			135	<i>Dolichos lab-lab</i>	Lab lab	135

Após a distribuição da mistura, as parcelas foram cobertas por tela ARP-430, uma biomanta resultante do entrelaçamento de fibras vegetais, a qual foi fixada na parcela por meio de grampos de aço (Figura 2).

A fim de avaliar a contribuição de cada mistura para revegetação do talude em estudo, foi feito acompanhamento periódico na área. Inicialmente, observou-se o tempo de germinação das espécies vegetais. Seis meses após a instalação do ensaio, em junho de 1999, determinou-se a percentagem de cobertura vegetal e a produção de matéria seca da parte aérea de gramíneas, da parte aérea de leguminosas e de raízes de gramíneas e leguminosas.

Na determinação da cobertura vegetal foi utilizado o “método dos pontos” (MANTOVANI, 1987). Assim, 12 pontos foram amostrados em cada parcela. Inicialmente foram escolhidos três locais dentro de cada parcela, que apresentavam crescimento bom, médio e ruim, respectivamente. Em cada um desses três locais foi colocada, no chão, uma régua de madeira de 60 cm. Ao longo do seu comprimento foram marcados quatro pontos: a 0, 20, 40 e 60 cm. Em cada um desses quatro pontos foi projetada uma vareta de metal com 150 cm de altura e 0,5 cm de diâmetro, verificando-se a presença ou não de toque de material vegetal na vareta.

Em cada um dos três locais de amostragem da cobertura vegetal na parcela foi delimitada uma subparcela de 0,20 x 0,30 m, coletando-se, separadamente, a parte aérea de gramíneas e de leguminosas. Para análise de raízes, parte do solo de cada subparcela foi retirada com um trado de 7,5 cm de diâmetro, até a profundidade de 15 cm. Nessa amostra, separaram-se as raízes por meio de lavagem, utilizando peneiras de 0,25 mm de malha. Todos os materiais vegetais foram levados à estufa com ventilação forçada, à temperatura de 70 °C, por um período de 72 h e pesados.

3.2. Determinações realizadas em 2002/2003

Após as determinações iniciais, a área do ensaio foi mantida isolada, até a realização de novos estudos em agosto de 2002 e abril de 2003. No quarto ano de implantação do ensaio foi observada uma redução da

cobertura vegetal nas parcelas experimentais (Figura 3). Em acréscimo à presença de braquiárias e leguminosas originalmente semeadas, nos espaços criados devido à ausência de vegetação, surgiram novas formas de cobertura ou exposição do solo. Assim, em agosto de 2002 foram identificadas outras situações, que serão também daqui em diante denominadas de “tipologias”:

- Formas adicionais de cobertura: capim-gordura, espécies invasoras, resíduos em decomposição, biomanta e crostas microfíticas. O capim-gordura destacou-se das outras espécies invasoras pela presença em proporções apreciavelmente elevadas.
- Formas de exposição: presença de crosta física, solo exposto, solo erodido e rocha.

3.2.1. Mapeamento das tipologias nas parcelas

Para quantificar as tipologias, em resposta aos tratamentos, foram realizados dois levantamentos em 35 parcelas experimentais nos períodos previamente indicados. Desde a implantação do ensaio perderam-se cinco parcelas por deslizamentos da encosta nesses locais.

Na quantificação das tipologias na superfície das parcelas utilizou-se o método da corda (OLSZEVSKI et al., 1998), com algumas adequações. Uma corda de três metros de comprimento foi marcada a cada 10 cm e fixada a dois pontos de apoio em um gabarito de metal. A identificação das tipologias foi feita deslocando-se a corda no sentido da declividade, a cada 10 cm. Dessa forma, um total de 961 pontos foram amostrados em cada parcela de 9 m². Para fixar o gabarito ao solo, em cada parcela, foi fixada uma estaca de madeira em cada um dos quatro vértices desta. Esse procedimento assegurou a mesma posição do gabarito nos dois levantamentos realizados.



Figura 3. Vista geral da área experimental quatro anos após implantação do ensaio.

Com esses dados, confeccionaram-se mapas de cobertura para cada parcela experimental, utilizando-se o software EXCEL para formatação e análises comparativas entre os dois levantamentos. Empregando a função condicional desse software, foram analisadas a dinâmica, a distribuição espacial, a frequência e a competição entre as tipologias encontradas nos dois levantamentos. As fórmulas usadas na função condicional, assim como um modelo de análise para cada parcela, podem ser observadas em CD-ROM anexo.

3.2.2. Caracterização do solo associado às tipologias

Após a confecção dos mapas, foram identificadas superfícies representativas de cada tipologia, sem levar em consideração o tratamento previamente imposto. Nessas áreas coletou-se o solo para caracterização química, física e micromorfológica até a profundidade de 5 cm.

Na caracterização química, utilizaram-se quatro repetições, em que foram determinados o pH em água (relação 1:2,5); os teores de P, K, Zn, Fe, Mn, Cu, Cd, Cr, Pb e Ni (extrator Mehlich:1); os teores de Ca, Mg e Al (extrator KCl 1 mol/L); e o teor de H + Al (extrator acetato de cálcio 0,5 mol/L, pH = 7,0) (Embrapa, 1997).

A determinação de nitrogênio total foi feita pelo método Kjeldahl (BREMNER, 1996) e o carbono total pela oxidação da matéria orgânica por via úmida, utilizando-se dicromato de potássio em meio sulfúrico com aquecimento externo (Walkley-Black, 1947, citado por YEOMANS e BREMMER, 1988).

Para a caracterização física foram colocados cilindros de 5 cm de diâmetro e 5 cm de altura, em cada tipologia, utilizando três repetições. Os cilindros foram colocados no início do período chuvoso (novembro de 2002), permanecendo na área por aproximadamente 120 dias. Nas amostras de solo nesses cilindros determinou-se, seqüencialmente, a condutividade hidráulica em meio saturado, pelo método do permeâmetro de carga constante (FERREIRA, 2001), a microporosidade, pela mesa de tensão, e a densidade do solo (RUIZ, 2003). Essas mesmas amostras foram peneiradas por malha de 2 mm, determinando-se a composição

granulométrica e a densidade de partículas. Com os valores da densidade do solo e de partículas calculou-se a porosidade e, subtraindo a microporosidade, o valor da macroporosidade (RUIZ, 2003).

Para a análise micromorfológica foram retiradas amostras indeformadas em caixas de coleta de 7 x 5 x 5 cm (comprimento, altura e largura, respectivamente). Essas amostras foram inicialmente secas em estufa a 50 °C, por dois dias, e, na seqüência, saturadas com acetona para completar a remoção de água. Logo após, foram integralmente impregnadas com resina de poliéster, com uso de acelerador, diluído com estireno (CASTRO, 1985; MURPHY, 1986).

Após secagem em temperatura ambiente, realizaram-se cortes de aproximadamente 5 mm de espessura, ao longo do eixo vertical, com uso de serra diamantada. Os blocos receberam polimento em uma das faces com pó de diamante e foram montados em lâmina de vidro por meio de resina epóxi (Araldite) e desbastados até 30 µm. Essas seções foram fotografadas, manipuladas com auxílio do software ADOBE-PHOTOSHOP 5.0 e suas feições descritas segundo FITZPATRICK (1993).

3.2.3. Índice de priorização de consórcios vegetais

Para selecionar os consórcios vegetais mais apropriados ao processo de revegetação, foi adaptado um índice formulado por EINLOFT et al. (1999), que considera simultaneamente um conjunto de características analisadas experimentalmente.

Na elaboração desse índice, o primeiro passo foi a escolha, dentre as características analisadas, daquelas mais apropriadas ao processo de revegetação de encostas, estabelecendo, em conseqüência, uma priorização. Foram propostos índices para os levantamentos de junho de 1999, agosto de 2002 e abril de 2003.

Para sistematizar a importância de cada característica, utilizou-se uma matriz de ponderação que adotou o método descrito por SINDEN e WORRELL (1979). Segundo o método, a interceptação de uma característica listada na linha, com outra característica listada na coluna, indica aos

pesquisadores a característica de maior importância no desenvolvimento do consórcio, para a recuperação da área degradada.

Ao término do exercício, a frequência com que uma característica foi assinalada indica sua importância individual na resposta global do consórcio aos tratamentos. Considerando as características determinadas no levantamento de junho de 1999, os respectivos pesos foram: cobertura vegetal: 3; produção de matéria seca de parte aérea de leguminosa: 2; produção de matéria seca de parte aérea de gramínea: 1; e produção de raízes totais: 0. Para não invalidar a característica raízes, com peso zero, o peso de todas as características foi incrementado em uma unidade, chegando-se aos valores de 4, 3, 2 e 1 para as frequências das quatro características listadas, respectivamente (Quadro 2).

Nos levantamentos de agosto de 2002 e abril de 2003, as frequências estabelecidas foram: leguminosa: 10, braquiária: 9, crosta microfítica: 8; espécies invasoras: 7; capim-gordura: 6; biomanta: 5; resíduos em decomposição: 4; crosta física: 3; solo exposto: 2; e erosão: 1 (Quadro 3). Não foi considerada a presença de rocha, por considerá-la característica própria da parcela experimental, sem resposta aos tratamentos aplicados.

Quadro 2. Matriz de ponderação e frequência (f) da adaptabilidade dos consórcios, considerando as características vegetativas relacionadas aos tratamentos aplicados

Característica	CV	PL	PG	R	f =	+ 1
Cobertura vegetal (CV)		CV	CV	CV	3	4
Parte aérea de leguminosas (PL)			PL	PL	2	3
Parte aérea de gramíneas (PG)				PG	1	2
Raízes (R)					0	1

Quadro 3. Matriz de ponderação e frequência (f) da adaptabilidade dos consórcios, considerando as tipologias levantadas em agosto de 2002 e em abril de 2003

Tipologias	LEG	BRA	CMICR	GOR	INV	BIOM	RES	CFIS	SOLEX	ERO	f =	+ 1
Leguminosa (LEG)		LEG	LEG	LEG	LEG	LEG	LEG	LEG	LEG	LEG	9	10
Braquiária (BRA)			BRA	BRA	BRA	BRA	BRA	BRA	BRA	BRA	8	9
Crosta microfítica (CMICR)				CMICR	CMICR	CMICR	CMICR	CMICR	CMICR	CMICR	7	8
Capim-gordura (GOR)					INV	GOR	GOR	GOR	GOR	GOR	5	6
Espécies invasoras (INV)						INV	INV	INV	INV	INV	6	7
Biomanta (BIOM)							BIOM	BIOM	BIOM	BIOM	4	5
Resíduos em decomposição (RES)								RES	RES	RES	3	4
Crosta física (CFIS)									CFIS	CFIS	2	3
Solo exposto (SOLEX)										SOLEX	1	2
Erosão (ERO)											0	1

Para o cálculo do índice, entretanto, é necessário fazer uma uniformização de escala. No levantamento de junho de 1999 não foi possível comparar quantitativamente a percentagem de cobertura vegetal com a massa da matéria seca da parte aérea e das raízes. Em razão disso, no índice gerado aos seis meses, os valores de percentagem de cobertura vegetal foram transformados em proporções, dividindo por 100. Os valores médios referentes à produção da parte aérea de braquiárias e leguminosas e de raízes foram transformados para uma escala universal de notas, de 0 a 1, atribuindo-se valor unitário à maior produção de cada uma dessas características. Assim, um valor igual a 1 correspondeu à maior média encontrada entre os tratamentos, e o valor 0, à produção nula.

Nos índices referentes aos levantamentos de agosto de 2002 e abril de 2003 utilizaram-se as proporções das tipologias.

Realizado todo esse procedimento, a nota final de cada consórcio foi dada pelo somatório do produto entre a frequência (Quadros 2 e 3) e o valor médio de cada característica referente a calibração e uniformização de escalas.

3.3. Análises estatísticas

Os resultados obtidos para as características de cobertura vegetal, percentagens e dinâmicas das tipologias foram submetidos à análise de variância, desdobrando-se os graus de liberdade para tratamentos em contrastes ortogonais, que permitiram a comparação das braquiárias e leguminosas. Adotou-se a expressão *tendência* para indicar diferenças significativas entre 5 e 20%, pelo teste F.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Crescimento das espécies vegetais até junho de 1999

As observações de crescimento das espécies vegetais no campo mostraram que, 12 dias após semeadura, todas as braquiárias e leguminosas já sobressaíam na biomanta.

Confirmando estudo prévio realizado em casa de vegetação (EINLOFT, 1996), as leguminosas apresentaram menor tempo de germinação, variando entre três e cinco dias, e as braquiárias germinaram entre cinco e nove dias. Entre as leguminosas, o lab lab germinou mais rapidamente, sendo seguido por mucuna-preta e feijão-guandu. No grupo das gramíneas, a braquiária decumbens foi a espécie mais precoce, e as braquiárias brizanta e ruziensis germinaram na seqüência.

Em observação qualitativa do crescimento da parte aérea, o lab lab foi a espécie mais destacada no início, com crescimento homogêneo nas parcelas experimentais. Entretanto, aos 45 dias da instalação do ensaio esse quadro começou a reverter e, aos dois meses, o lab lab estava estagnado, apresentando lesões foliares provocadas provavelmente por lagartas - em muitas parcelas só havia vestígios dele. Paralelamente, o crescimento da mucuna superava o do lab lab, apresentando-se como a leguminosa mais destacada.

Em relação à distribuição nas parcelas, as leguminosas tiveram comportamento diferenciado. A mucuna-preta concentrou-se na parte superior de algumas parcelas, ficando a parte inferior dominada pelas braquiárias do tratamento. O feijão-guandu e o lab lab apresentaram uma distribuição mais homogênea.

Aos seis meses da implantação do ensaio, foram avaliadas a percentagem de cobertura do solo, a produção de matéria seca de parte aérea e a produção de raízes das braquiárias e leguminosas utilizadas nos diferentes tratamentos (Quadro 4). Esses resultados foram analisados estatisticamente, comparando-se os tratamentos por meio de contrastes ortogonais (Quadro 5).

Como indicado pelos dois primeiros contrastes apresentados no Quadro 5, não houve diferenças na cobertura vegetal quando foram comparadas as braquiárias. A cobertura das associações observada foi, em média, de 68% (Quadro 4). Entretanto, comparando as leguminosas associadas a cada uma das braquiárias, a mucuna-preta e o feijão-guandu prevaleceram sobre o lab lab (Quadro 5). As associações de mucuna foram as mais destacadas, fornecendo cobertura média de 73,6%, com baixo desvio quando foi considerada a braquiária em consórcio. Já o feijão-guandu apresentou boa cobertura em associações com as braquiárias decumbens e ruzizensis e baixo crescimento com braquiária brizanta (Quadro 4).

Por outro lado, analisando os consórcios segundo a produção de matéria seca de parte aérea, observou-se que aqueles entre a mucuna-preta e as braquiárias ruzizensis e brizanta foram superiores aos demais (Quadros 4 e 5).

Os tratamentos menos destacados são referentes ao lab lab. A percentagem de cobertura apresentada diz respeito praticamente a apenas braquiárias associadas em cada tratamento, pois, por ocasião da primeira coleta de dados, essa espécie estava quase que totalmente extinta.

Apesar das diferenças encontradas em alguns consórcios vegetais (Quadros 4 e 5), a análise da cobertura vegetal deve ser realizada conjuntamente com a da produção de matéria seca de parte aérea. Isso pode ser verificado analisando o consórcio entre a braquiária ruzizensis e

o feijão-guandu em relação ao de braquiária ruziziensis e mucuna-preta. O primeiro consórcio apresentou 81,3% de cobertura na parcela, porém a mesma braquiária associada a mucuna-preta possui apenas 8,4% menos cobertura vegetal e aproximadamente duas vezes mais produção de material vegetal de parte aérea (Quadro 4).

Foi observado também que, nos tratamentos referentes ao feijão-guandu, há maior equilíbrio na produção de material vegetal de parte aérea entre braquiárias e leguminosas. Nos tratamentos das braquiárias com a mucuna-preta isso não foi verificado. Geralmente, a produção de parte aérea da mucuna-preta foi, em média, quatro vezes maior que a das braquiárias a ela associadas (Quadro 4). Considerando que o período vegetativo dessa espécie é anual, sua substituição poderia acarretar problemas futuros, pois, ao sair do sistema, deixaria espaços de solo exposto, que levaria a eventuais problemas de erosão e encrostamento, entre outros.

Quadro 4. Proporção de cobertura vegetal, produção de matéria seca da parte aérea de braquiárias (B), de leguminosas (L) e total e produção de matéria seca de raízes, em junho de 1999

Braquiária	Leguminosa	Cobertura vegetal	Produção de matéria seca			
			Parte aérea			Raízes
			B	L	Total	
		%	g/dm ²			g/dm ³
B. brizanta	Mucuna-preta	75,0	230,58	959,71	1190,29	11,58
	Feijão-guandu	58,3	336,92	441,83	778,75	10,61
	Lab lab	58,3	442,96	4,46	447,29	9,24
	Média	63,9	336,82	468,67	805,44	10,48
B. decumbens	Mucuna-preta	72,9	164,17	891,08	1055,24	11,43
	Feijão-guandu	79,2	395,82	900,97	1296,78	9,16
	Lab lab	54,2	205,88	19,25	225,13	4,23
	Média	68,8	255,29	603,77	859,05	8,27
B. ruziziensis	Mucuna-preta	72,9	302,00	1493,41	1795,41	6,57
	Feijão-guandu	81,3	410,16	567,75	977,92	14,53
	Lab lab	60,4	236,75	20,17	256,92	6,17
	Média	71,5	316,30	693,77	1010,08	9,09

Quadro 5. Contrastes ortogonais da proporção de cobertura vegetal e da produção de matéria seca de parte aérea (MSPA) de braquiárias, de leguminosas e total e de produção de matéria seca de raízes, em junho de 1999

Braquiária	Leguminosa	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
B. brizanta	Mucuna-preta	1	1	1	1	0	0	0	0
	Feijão-guandu	1	1	1	-1	0	0	0	0
	Lab lab	1	1	-2	0	0	0	0	0
B. decumbens	Mucuna-preta	1	-1	0	0	1	1	0	0
	Feijão-guandu	1	-1	0	0	1	-1	0	0
	Lab lab	1	-1	0	0	-2	0	0	0
B. ruziziensis	Mucuna-preta	-2	0	0	0	0	0	1	1
	Feijão-guandu	-2	0	0	0	0	0	1	-1
	Lab lab	-2	0	0	0	0	0	-2	0
Valores dos contrastes									
Cobertura vegetal (%)		-10,3	-4,9	16,7	16,7 [#]	43,7*	-6,3	33,4*	-8,4
MSPA Braquiária (g/m ²)		-40,49	81,53	-318,42 [#]	-106,34	148,23	-231,65 [#]	238,64	-108,16
MSPA Leguminosa (g/m ²)		-315,10	-135,10	1392,62*	517,88 [#]	1753,55*	-9,89	2002,82*	925,66*
MSPA total (g/m ²)		-355,67	-53,61	1074,46 [#]	411,54	1901,76*	-241,54	2259,49*	817,49*
MS Raízes (g/dm ³)		0,57	2,21	3,71	0,97	12,13*	2,27	8,76 [#]	-7,96*

*, # significativo a 5 e 20% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

4.2. Índice de priorização dos consórcios vegetais em junho de 1999

No levantamento após seis meses de experimento, os tratamentos apresentaram algumas diferenças estatisticamente significativas (Quadro 5). No entanto, analisando as características separadamente, não foi possível apontar os melhores consórcios. O índice de priorização possibilita combinar os resultados e indicar, de forma mais conclusiva, os consórcios mais apropriados.

A nota final de cada consórcio foi dada pelo somatório do produto das frequências (Quadro 2) e pelos valores relativos das características analisadas (Quadro 6). Para braquiárias e leguminosas, os valores da produção de matéria seca da parte aérea foram calculados pela relação com o maior valor de produção total da parte aérea, correspondente ao consórcio de braquiária ruziziensis e mucuna ($302,00 + 1493,41 = 1.795,41 \text{ g/dm}^3$, Quadro 4). Para o valor relativo da produção de raízes, adotou-se a produção de raízes do consórcio braquiária ruziziensis e feijão-gandu como referência ($14,43 \text{ g/dm}^3$, Quadro 4). Os valores relativos são apresentados no Quadro 6.

Após o cálculo, os índices foram analisados estatisticamente, aplicando-se o teste de agrupamento de Scott-Knott (Quadro 7). A comparação dos índices confirmou a diferenciação entre leguminosas, mais que entre as braquiárias. Os consórcios com feijão-gandu e mucuna-preta foram, em geral, superiores aos que utilizaram o lab lab.

Considerando os índices de priorização, verifica-se que os consórcios que incluíram a mucuna-preta não diferiram entre si, independentemente da braquiária associada (Quadro 7). Contudo, considerando valores absolutos desses índices, o consórcio com a braquiária ruziziensis seria a melhor opção. Esse índice é elevado, fundamentalmente, pela maior produção de matéria seca de parte aérea da leguminosa associada (Quadro 6). Pode-se concluir que, aos seis meses da instalação do ensaio, os consórcios das braquiárias com a mucuna-preta e o feijão-gandu foram os mais apropriados, com destaque para a associação entre a braquiária ruziziensis e a mucuna-preta.

Quadro 6. Valores relativos de cobertura vegetal (CV) e de produção de matéria seca da parte aérea de leguminosas (L) e braquiárias (B) e de matéria seca de raízes (R), em junho de 1999

Braquiária	Leguminosa	CV	L	B	Raízes
B. brizanta	Mucuna-preta	0,75	0,53	0,13	0,80
	Feijão-guandu	0,58	0,25	0,19	0,73
	Lab lab	0,58	0,002	0,25	0,64
B. decumbens	Mucuna-preta	0,73	0,50	0,09	0,79
	Feijão-guandu	0,79	0,50	0,22	0,63
	Lab lab	0,54	0,01	0,11	0,29
B. ruzizensis	Mucuna-preta	0,73	0,83	0,17	0,45
	Feijão-guandu	0,81	0,32	0,23	1,00
	Lab lab	0,60	0,01	0,13	0,42

Quadro 7. Índice de prioridade de consórcios vegetais determinados em junho de 1999

Braquiária	Leguminosa	Índice de priorização ^{1/}
B. ruzizensis	Mucuna-preta	6,20 a
B. decumbens	Feijão-guandu	5,75 a
B. brizanta	Mucuna-preta	5,66 a
B. ruzizensis	Feijão-guandu	5,66 a
B. decumbens	Mucuna-preta	5,39 a
B. brizanta	Feijão-guandu	4,18 b
B. brizanta	Lab lab	3,46 b
B. ruzizensis	Lab lab	3,11 b
B. decumbens	Lab lab	2,72 b

^{1/} Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de agrupamento de Scott-Knott, a 20% de probabilidade.

4.3. Identificação e quantificação das tipologias em agosto de 2002

A região de Viçosa tem o clima marcado por duas estações: a chuvosa, de outubro a março, quando, em dezembro, a precipitação média chega a 245 mm; e a estação seca, de abril a setembro, quando, nos meses de junho a agosto, a precipitação média total não ultrapassa 19 mm. A precipitação pluviométrica da estação seca (abril a julho) que antecedeu o primeiro levantamento, em agosto de 2002, foi de apenas 43,2 mm (ELOI, 2001).

Nesse levantamento foram identificadas 11 tipologias principais: braquiária (BRA), leguminosa (LEG), capim-gordura (GOR), espécies invasoras (INV), biomanta (BIOM), resíduos em decomposição (RES), crosta microfítica (CMICR), crosta física (CFIS), solo exposto (SOLEX), erosão (ERO) e rocha (R) (Figuras 4 a 6).

As tipologias podem ser agrupadas em cinco conjuntos. O primeiro é composto pelas espécies vegetais BRA e LEG, utilizadas nos tratamentos experimentais, acrescidas de GOR e INV, que são espécies invasoras presentes nas parcelas. O segundo conjunto é composto de material em decomposição, incluindo BIOM e RES. O terceiro é constituído de microrganismos e plantas inferiores (CMICR). O quarto é referente a formas de exposição do solo: CFIS, SOLEX e ERO. O quinto conjunto é representado por afloramento de rochas (R).

A espécie invasora encontrada em maior proporção nas parcelas foi o capim-gordura, razão pela qual ela foi referida como uma tipologia (GOR), ficando em uma categoria diferente das demais plantas invasoras, (INV). Foram identificadas, em acréscimo, nos dois levantamentos, 20 espécies invasoras, divididas entre nove famílias: Asteraceae, Poaceae, Verbenaceae, Malvaceae, Leguminosae Papilionoideae, Pteridaceae, Melastomataceae, Blechnaceae e Lycopodiaceae (Quadro 8). As famílias mais expressivas foram Asteraceae e Poaceae.

Entre as espécies invasoras encontradas predominaram as herbáceas, subarbustivas e arbustivas, comumente encontradas em áreas de regeneração natural nessa região. De maneira geral, essas plantas apresentam alta plasticidade fenotípica; sendo que a exceção fica com o licopodium, pois tem preferências por áreas mais úmidas e sombreadas.



Figura 4. Braquiária (1), leguminosa (2), capim-gordura (3) e espécie invasora (4).



Figura 5. Biomanta (1), resíduos em decomposição (2), crosta física (3) e crosta biológica em fase inicial (4).



Figura 6. Liquen (1), musgo (2), solo exposto (3) e rocha (4).

Quadro 8. Espécies invasoras encontradas nos levantamentos

Nome vulgar	Nome científico	Família
Assa-peixe	<i>Vernonia polyanthes</i> Less.	Asteraceae
Assa-peixe roxo	<i>Vernonia cognata</i> Less.	Asteraceae
Cambará	<i>Lantana camara</i> L.	Verbenaceae
Capim-colonião	<i>Panicum maximum</i> Jacq.	Poaceae
Capim-gordura	<i>Melinis minutiflora</i> Pal. Beauv.	Poaceae
Capim rabo-de-burro	<i>Andropogon bicornis</i> L.	Poaceae
Carqueja	<i>Baccharis trimera</i> (Less) D.C.	Asteraceae
Desconhecida	Desconhecida	Leg. Papilionoideae
Desmodium	<i>Desmodium</i> sp.1	Leg. Papilionoideae
Desmodium	<i>Desmodium</i> sp.2	Leg. Papilionoideae
Gnaphalium	<i>Gnaphalium</i> sp.	Asteraceae
Gramínea	Desconhecida	Poaceae
Licopodium	<i>Lycopodiella</i> sp.	Lycopodiaceae
Losna	<i>Ambrosia tenuiflora</i> Spreng.	Asteraceae
Pixirica	<i>Leandra nianga</i>	Melastomataceae
Samambaia	<i>Blechnum</i> sp.	Blechnaceae
Samambaia	<i>Dicranopteris flexuosa</i> (Schrad.)	Pteridaceae
Sapê	<i>Imperata brasiliensis</i> Trin.	Poaceae
Sida	<i>Sida</i> sp.	Malvaceae
Vassoura	<i>Baccharis dracunculifolia</i> D.C.	Asteraceae
Verbasco	<i>Pterocaulon</i> sp.	Asteraceae

No terceiro grupo, vale ressaltar que a crosta microfítica (CMICR) compreende a ocorrência de crosta biológica em uma fase inicial, ou com presença de musgos e líquens.

Considerando o quarto grupo listado, a denominação CFIS diferencia-se de SOLEX por apresentar uma superfície com aparência selada, firme ao toque da vareta.

A denominação R (rocha) apresentada no quinto grupo correspondeu à presença de quartzo (Figura 6) e saprolito de gnaiss em ordem decrescente de ocorrência, do tamanho de cascalhos e calhaus.

Um exemplo do mapeamento das tipologias nas parcelas é mostrado na Figura 7, que ilustra o levantamento em uma parcela que recebeu o consórcio entre a braquiária decumbens e a mucuna-preta. Nessa parcela observaram-se somente nove das onze tipologias previamente listadas: braquiária (BRA), espécies invasoras (INV), biomanta (BIOM), resíduos em decomposição (RES), crosta microfítica (CMICR), crosta física (CFIS), solo exposto (SOLEX), erosão (ERO) e rocha (R). Dessas tipologias, SOLEX, CMICR e BIOM apresentaram as maiores proporções (Figura 7).

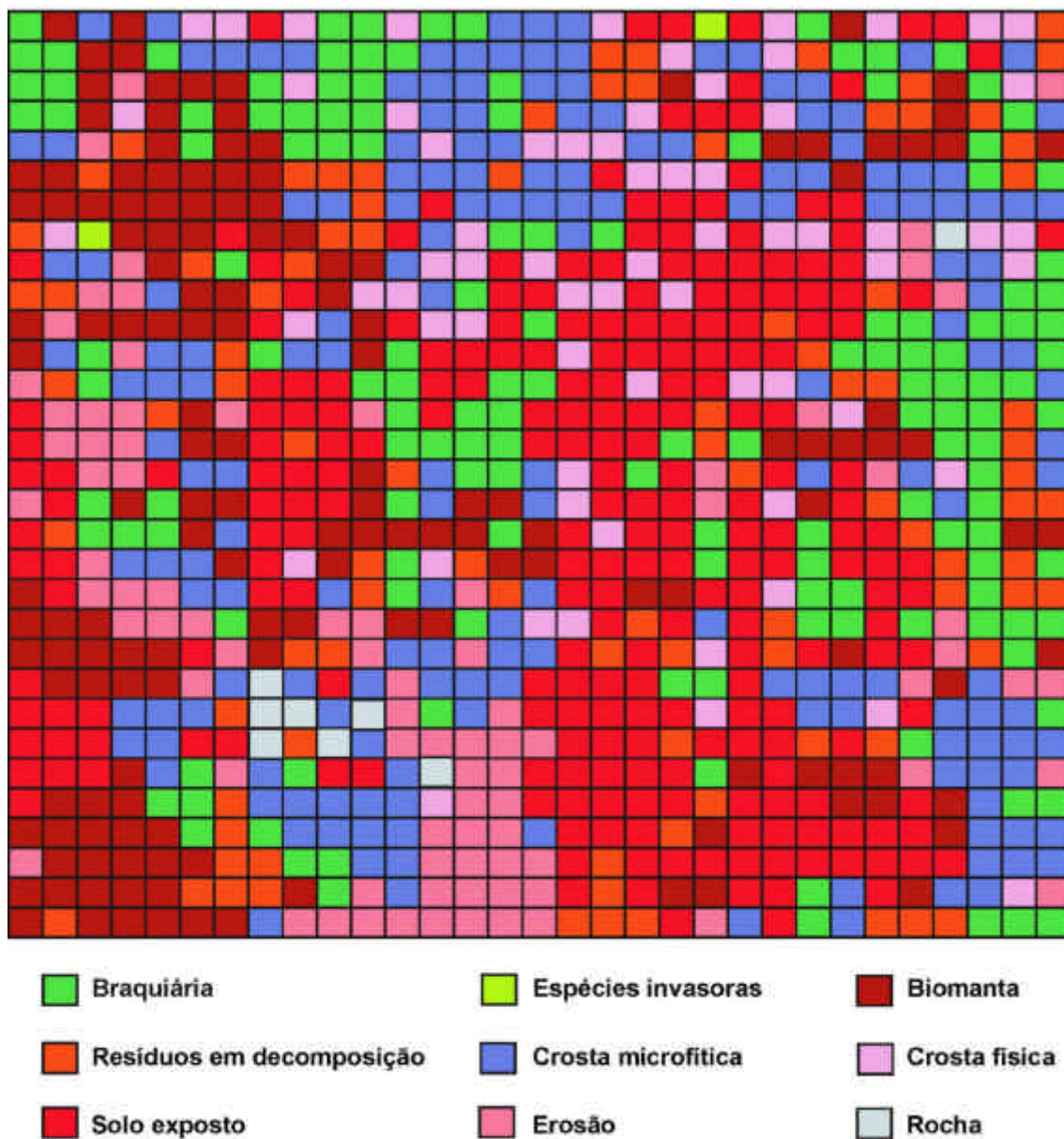


Figura 7. Mapeamento das tipologias encontradas em parcela experimental no levantamento de agosto de 2002. O exemplo corresponde ao consórcio entre a braquiária decumbens e a mucuna-preta.

Quadro 9. Número de células úteis consideradas por parcela experimental e justificativa para a contagem inferior ao total de 961

Parcela	Braquiária	Leguminosa	Células observadas	Justificativa
Bloco I				
1	Brizanta	Lab lab	948	Presença de rocha
2	Decumbens	Feijão-guandú	947	Presença de rocha
3	Brizanta	M. preta	952	Presença de rocha
4	Ruziziensis	Lab lab	926	Presença de rocha
5	Decumbens	M. preta	961	
6	Ruziziensis	Feijão-guandu	955	Presença de rocha
7	Ruziziensis	M. preta	961	
8	Brizanta	Feijão-guandu	0	Parcela perdida
9	Decumbens	Lab lab	784	Queda de bloco de solo
Test. 1	Ausência de consórcio		826	Presença de rocha
Bloco II				
10	Decumbens	F. Guandú	521	Queda de bloco de solo
11	Brizanta	Lab lab	588	Queda de solo e pres. rocha
12	Ruziziensis	Lab lab	899	Queda de bloco de solo
13	Ruziziensis	M. preta	961	
14	Decumbens	Lab lab	961	
15	Brizanta	M. preta	619	Queda de solo e pres. rocha
16	Brizanta	Feijão-guandu	849	Queda de solo e pres. rocha
17	Ruziziensis	Feijão-guandu	961	
18	Decumbens	M. preta	961	
Test. 2	Ausência de consórcio		954	Presença de rocha
Bloco III				
19	Ruziziensis	M. preta	0	Parcela perdida
20	Ruziziensis	Feijão-guandu	957	Presença de rocha
21	Brizanta	Lab lab	952	Presença de rocha
22	Brizanta	Feijão-guandu	954	Presença de rocha
23	Decumbens	M. preta	953	Presença de rocha
24	Ruziziensis	Lab lab	937	Presença de rocha
25	Brizanta	M. preta	957	Presença de rocha
26	Decumbens	F. Guandú	956	Presença de rocha
27	Decumbens	Lab lab	955	Presença de rocha
Test. 3	Ausência de consórcio		0	Parcela perdida
Bloco IV				
28	Brizanta	Feijão-guandu	958	Presença de rocha
29	Ruziziensis	Feijão-guandu	934	Presença de rocha
30	Decumbens	M. preta	958	Presença de rocha
31	Brizanta	M. preta	0	Parcela perdida
32	Ruziziensis	Lab lab	959	Presença de rocha
33	Brizanta	Lab lab	959	Presença de rocha
34	Ruziziensis	M. preta	961	
35	Decumbens	Lab lab	960	Presença de rocha
36	Decumbens	F. Guandú	955	Presença de rocha
Test. 4	Ausência de consórcio		0	Parcela perdida

Todas as parcelas tiveram suas tipologias mapeadas de forma semelhante. O mapeamento completo pode ser observado em CD-ROM anexo. Com os dados levantados para cada tratamento foram calculadas proporções de ocorrência (Quadro 10) e analisadas estatisticamente, comparando-se os tratamentos por meio de contrastes ortogonais (Quadro 11). Pelo fato de a ocorrência de rocha ter sido excluída no cálculo das proporções, as tabelas apresentam apenas dez das onze tipologias previamente indicadas.

De maneira geral, com o levantamento realizado nas demais parcelas experimentais, verificou-se alta variabilidade de tipologias. Isso de certa forma era esperado, uma vez que diferentes coberturas proporcionadas pelos consórcios vegetais levariam a diferentes exposições do solo e, conseqüentemente, existiria a possibilidade do surgimento de novas tipologias.

Foi observado que, das três leguminosas utilizadas nos tratamentos, apenas o feijão-guandu e a mucuna-preta permaneceram no sistema até o quinto ano de implantação do experimento. Entretanto, os registros de mucuna-preta foram muito baixos, aparecendo em algumas situações como planta invasora, e não na parcela originalmente semeada com esta leguminosa. O feijão-guandu apareceu em proporções maiores que as de mucuna, mas seus registros também foram extremamente baixos (Quadro 10).

Aparentemente, os espaços deixados pelas leguminosas foram ocupados pela gramínea do consórcio vegetal ou por espécies invasoras, tendo como destaque o capim-gordura. A elevada proporção desta gramínea se deve, provavelmente, à grande fonte de propágulos situada em cota acima das parcelas experimentais. Essas características são extremamente favoráveis à colonização vegetal (McLANAHAN, 1986; KOLB, 1993).

Com relação às proporções das tipologias nas parcelas, as maiores proporções de BRA foram encontradas nos tratamentos com braquiária brizanta. Essa maior proporção justificaria a menor presença de capim-gordura e espécies invasoras nos tratamentos com essa gramínea, indicando maior competitividade da espécie (Quadro 10).

Quadro 10. Percentagem de cobertura de braquiária (BRA), leguminosa (LEG), capim-gordura (GOR), espécies invasoras (INV), biomanta (BIOM), resíduos em decomposição (RES), crostas microfíticas (CMICR), crosta física (CFIS), solo exposto (SOLEX) e erosão (ERO) no levantamento realizado em agosto de 2002

Braquiária	Leguminosa	BRA	LEG	GOR	INV	BIOM	RES	CMICR	CFIS	SOLEX	ERO
		%									
B. brizanta	Mucuna-preta	35,19	0,05	2,64	0,39	7,71	11,01	14,03	14,59	10,02	4,37
	Feijão-guandu	23,02	0,18	1,84	0,70	14,52	13,85	21,47	7,77	13,00	3,66
	Lab lab	23,30	0,00	0,38	0,67	16,15	14,92	19,26	9,31	11,93	4,08
	Média	27,17	0,08	1,62	0,59	12,79	13,26	18,25	10,56	11,65	4,04
B. decumbens	Mucuna-preta	20,28	0,00	2,68	0,34	12,01	11,91	18,62	12,47	17,37	4,32
	Feijão-guandu	15,64	1,05	0,52	2,72	14,87	18,70	22,61	8,19	12,69	3,03
	Lab lab	17,36	0,00	5,02	0,76	10,68	14,32	23,90	7,64	15,29	5,03
	Média	17,56	0,35	2,74	1,27	12,52	14,98	21,71	9,43	15,12	4,13
B. ruzizensis	Mucuna-preta	22,52	0,11	16,21	0,42	6,17	19,64	12,64	3,20	11,67	7,43
	Feijão-guandu	13,33	1,45	6,01	0,76	12,59	12,13	20,59	9,34	16,65	7,49
	Lab lab	16,85	0,00	10,96	0,88	12,07	11,27	16,74	10,59	13,82	6,84
	Média	17,57	0,52	11,06	0,69	10,17	14,34	16,65	7,71	14,05	7,25

Quadro 11. Contrastes ortogonais comparando a percentagem de coberturas das tipologias no levantamento realizado em agosto de 2002

Braquiária	Leguminosa	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
B. brizanta	Mucuna-preta	1	1	1	1	0	0	0	0
	Feijão-guandu	1	1	1	-1	0	0	0	0
	Lab lab	1	1	-2	0	0	0	0	0
B. decumbens	Mucuna-preta	1	-1	0	0	1	1	0	0
	Feijão-guandu	1	-1	0	0	1	-1	0	0
	Lab lab	1	-1	0	0	-2	0	0	0
B. ruziziensis	Mucuna-preta	-2	0	0	0	0	0	1	1
	Feijão-guandu	-2	0	0	0	0	0	1	-1
	Lab lab	-2	0	0	0	0	0	-2	0
Valores dos contrastes (%)									
Braquiária		9,59	9,61	11,61	12,17 [#]	1,20	4,64	2,15	9,19
Leguminosa		-0,61	-0,27	0,23	-0,13	1,05	-1,05 [*]	1,56 [#]	-1,34 [*]
Capim-gordura		-17,76	-1,12	3,72	0,80	-6,84	2,16	0,30	10,20 [*]
Espécies invasoras		0,48	-0,68	-0,25	-0,31	1,54	-2,38 [*]	-0,58	-0,34
Biomanta		4,97	0,27	-10,07 [#]	-6,81 [*]	5,54	-2,88	-5,38	-6,42 [*]
Resíduos em decomposição		-0,44	-1,72	-4,89	-2,84	1,97	-6,79	9,23	7,51 [#]
Crosta microfíticas		6,66	-3,46	-3,02	-7,44 [#]	-6,57	-3,99	-0,25	-7,95 [#]
Crosta física		4,57	1,13	3,74	6,82 [#]	5,38	4,28	-8,64	-6,14 [#]
Solo exposto		-1,33	-3,47	-0,84	-2,98	-0,52	4,68	0,68	-4,98
Erosão		-6,33	-0,09	-0,13	0,71	-2,71	1,29	1,24	-0,06

^{*}, [#] significativo a 5 e 20% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

De maneira contrária ao ocorrido com braquiária brizanta, nos tratamentos com braquiária ruzizensis, principalmente quando associado a mucuna-preta, encontraram-se proporções significativas de GOR (Quadro 11). Considerando a média geral para os tratamentos da braquiária ruzizensis, as proporções da tipologia GOR são semelhantes à da gramínea utilizada no consórcio. Em algumas parcelas, a imagem fornecida pelo mapa mostra claramente a competição onde cada espécie procura a supressão e a ocupação da parcela.

As outras tipologias que se destacaram nesse levantamento foram INV, BIOM, CMICR e CFIS. As espécies invasoras, apesar de se apresentarem em pequenas proporções, mostraram diferenças significativas, sendo superiores no consórcio entre braquiária decumbens e feijão-guandu (Quadro 11). Já a biomanta apresenta-se mais ligada aos consórcios com feijão-guandu, sendo suas proporções significativamente maiores quando este é consorciado com braquiárias brizanta e ruzizensis (Quadros 10 e 11).

Com relação às crostas microfítica e física, foram verificadas algumas tendências. De forma similar à da biomanta, as crostas microfíticas parecem associadas aos consórcios entre o feijão-guandu e as braquiárias brizanta e ruzizensis. Para a crosta física, as maiores proporções são relacionadas aos consórcios entre brizanta e mucuna-preta e entre ruzizensis e feijão-guandu (Quadros 10 e 11).

4.4. Quantificação das tipologias em abril de 2003

No segundo levantamento (abril de 2003) e respectivo mapeamento foram observadas apreciáveis mudanças quanto às proporções das tipologias. De uma forma geral, houve favorecimento do crescimento vegetal na área, devido ao período chuvoso ocorrido no intervalo entre os dois levantamentos. A distribuição mensal de chuvas registrada no período de agosto de 2002 a abril de 2003 é apresentada na Figura 8; nesse período, a precipitação pluviométrica total foi de 1.163 mm, e a do mês mais chuvoso, janeiro, de 433 mm.

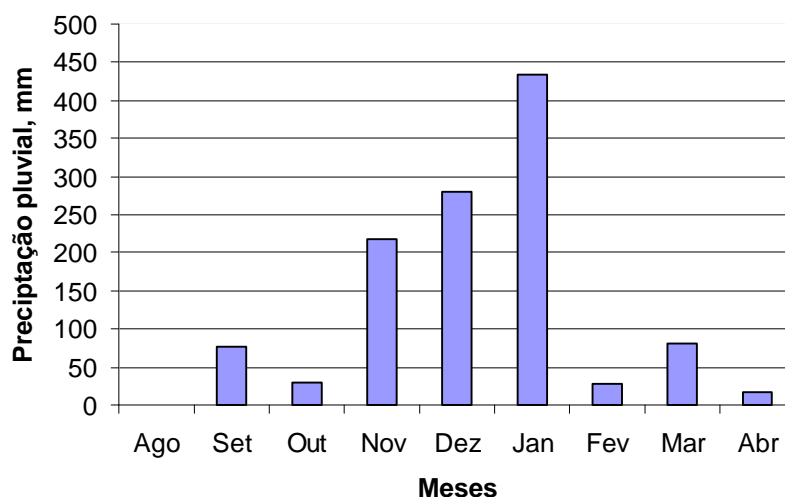


Figura 8. Precipitação pluvial correspondente ao período de agosto de 2002 a abril de 2003.

A Figura 9 apresenta a mesma parcela do tratamento do consórcio entre braquiária decumbens e mucuna-preta mostrada na Figura 7, com dados colhidos em agosto de 2002. A exemplo da maioria das parcelas, o mapeamento após o período chuvoso ilustra o grande crescimento da braquiária, diminuindo a ocorrência de outras tipologias. Entre as braquiárias, a brizanta mantém as maiores médias de cobertura (Quadro 12).

O capim-gordura também apresentou crescimento expressivo em alguns tratamentos. De modo similar ao ocorrido no primeiro levantamento, seu crescimento é bem evidenciado nos tratamentos que incluíram a braquiária ruziziensis (Quadro 12). O capim-gordura é uma espécie muito agressiva, dominando rapidamente a área onde chega; ele espalha-se pelas áreas adjacentes, excluindo algumas espécies já existentes.

Apesar de a característica agressividade ser interessante para a recuperação de áreas degradadas, o comportamento do capim-gordura pode retardar ou impossibilitar a chegada de propágulos de espécies ecologicamente mais evoluídas (OZÓRIO, 1997). Outra característica desfavorável, principalmente para o setor de Estradas de Rodagens, é que a espécie é também muito inflamável (BARTH, 1989).

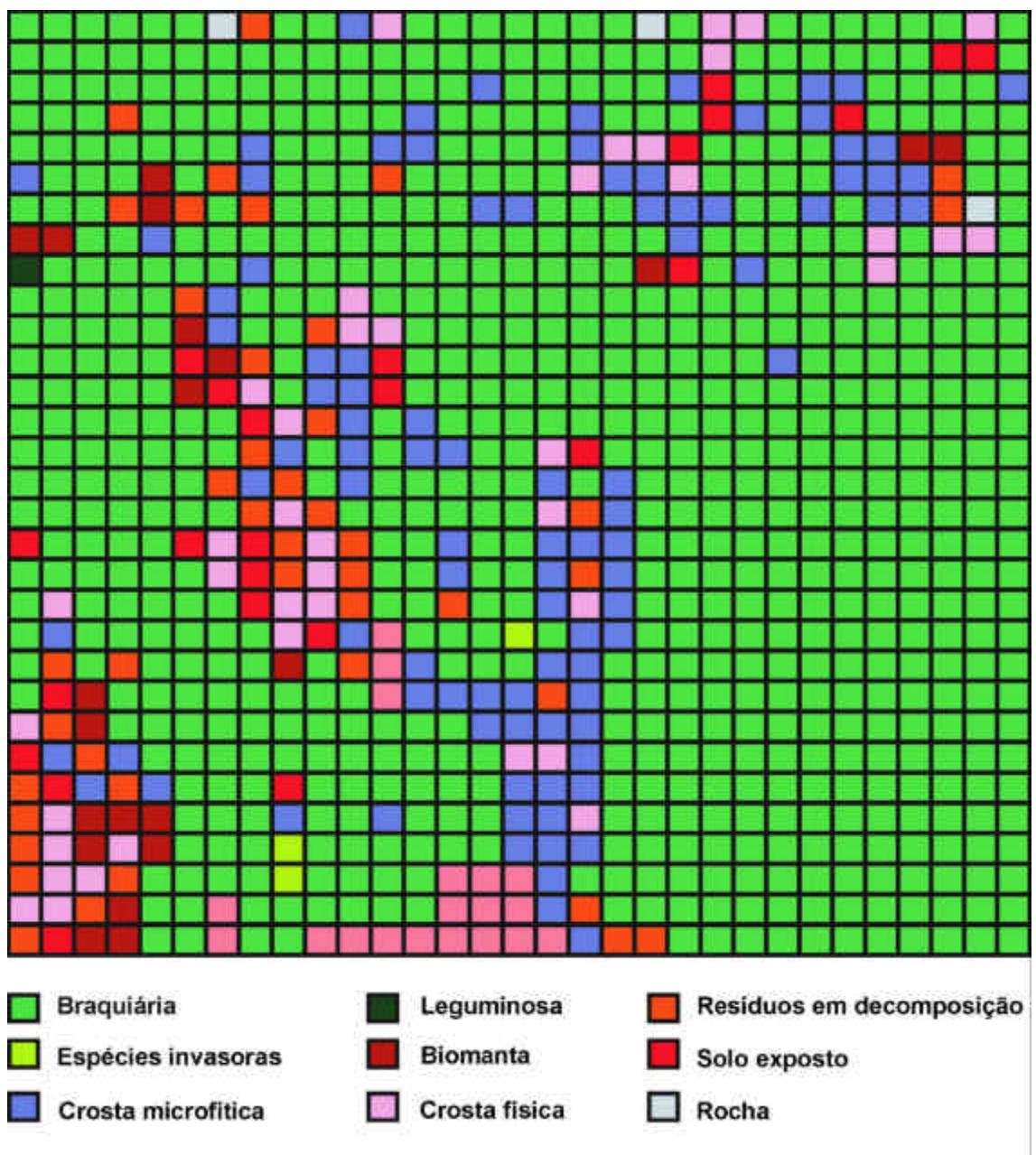


Figura 9. Mapeamento das tipologias encontradas em parcela experimental no levantamento de abril de 2003. O exemplo corresponde ao consórcio entre braquiária decumbens e mucuna-preta.

Quadro 12. Percentagem de cobertura de braquiária (BRA), leguminosa (LEG), capim-gordura (GOR), espécies invasoras (INV), biomanta (BIOM), resíduos em decomposição (RES), crostas microfíticas (CMICR), crosta física (CFIS), solo exposto (SOLEX) e erosão (ERO) no levantamento realizado em abril de 2003

Braquiária	Leguminosa	BRA	LEG	GOR	INV	BIOM	RES	CMICR	CFIS	SOLEX	ERRO
		%									
B. brizanta	Mucuna-preta	34,36	0,32	4,91	0,95	1,16	13,60	27,70	12,07	3,66	1,28
	Feijão-guandu	41,36	0,00	3,73	2,16	1,66	14,70	25,46	5,02	5,88	0,04
	Lab lab	25,93	0,00	0,56	0,84	2,59	15,99	32,80	11,05	7,95	2,29
	Média	33,88	0,11	3,07	1,32	1,80	14,76	28,65	9,38	5,83	1,20
B. decumbens	Mucuna-preta	38,78	0,10	10,07	0,89	1,77	8,53	22,17	7,90	9,20	0,60
	Feijão-guandu	22,49	0,04	0,99	2,55	1,96	19,83	30,04	15,32	4,87	1,92
	Lab lab	24,79	0,03	11,51	0,98	2,34	13,45	27,23	6,67	10,53	2,47
	Média	28,69	0,06	7,52	1,47	2,02	13,94	26,48	9,96	8,20	1,66
B. ruziziensis	Mucuna-preta	34,41	0,04	22,30	0,31	0,62	16,68	11,48	3,47	3,50	7,18
	Feijão-guandu	17,33	0,58	17,37	1,70	1,81	13,93	23,78	6,12	9,34	8,04
	Lab lab	22,03	0,00	11,05	1,21	2,33	12,19	30,03	9,35	6,42	5,40
	Média	24,59	0,20	16,91	1,07	1,59	14,27	21,76	6,31	6,42	6,87

Além do aumento das proporções de BRA e GOR no segundo levantamento, as crostas microfíticas apresentaram elevado crescimento, com efeito significativo nos consórcios entre braquiária ruzizensis e lab lab (Quadro 13). Os organismos constituintes da CMICR são pioneiros no processo de sucessão. Como são organismos fotossintetizantes, precisam de luz para seu desenvolvimento. Esse consórcio provavelmente permitiria uma exposição ótima da superfície do solo à luz solar.

O levantamento de abril de 2003 mostrou, também, que parcelas que apresentaram elevada incidência de crostas físicas em agosto de 2002 não tiveram essas superfícies cobertas por vegetação. Essa constatação mostraria a dificuldade apresentada na emergência de novas plantas, pela resistência própria da formação de selamento superficial. Essa inferência é reforçada, uma vez que foi observada a oferta de sementes das espécies vegetais utilizadas nos consórcios sobre a superfície do solo e, no período, não houve problemas relacionados à falta de água.

4.5. Dinâmica das tipologias no período de agosto de 2002 a abril de 2003

Com os dados dos dois últimos levantamentos, calculou-se a dinâmica das tipologias no período. Para isso, dos valores de cada uma das tipologias no levantamento de abril de 2003, foram subtraídos aqueles determinados em agosto de 2002. Esse procedimento foi realizado com cada quadrícula de cada parcela experimental. A Figura 10 ilustra as alterações numa parcela do consórcio braquiária decumbens e mucuna-preta. Nesta parcela, 79% das quadrículas apresentaram tipologias diferentes no segundo levantamento, quando comparado ao primeiro.

A dinâmica no período indicado, em resposta aos tratamentos originalmente impostos, é apresentada no Quadro 14. Nele, valores com sinal positivo indicam incremento médio da tipologia em abril de 2003, com relação ao valor determinado em agosto de 2002. O sinal negativo evidencia diminuição da tipologia no mesmo intervalo. Os dados foram analisados estatisticamente e os contrastes correspondentes são apresentados no Quadro 15.

A parcela experimental apresentada na Figura 10 mostra uma das maiores variações observadas entre os dois levantamentos. No Quadro 16

Quadro 13. Contrastes ortogonais comparando a percentagem de coberturas das tipologias no levantamento realizado em abril de 2003

Braquiária	Leguminosa	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
B. brizanta	Mucuna-preta	1	1	1	1	0	0	0	0
	Feijão-guandu	1	1	1	-1	0	0	0	0
	Lab lab	1	1	-2	0	0	0	0	0
B. decumbens	Mucuna-preta	1	-1	0	0	1	1	0	0
	Feijão-guandu	1	-1	0	0	1	-1	0	0
	Lab lab	1	-1	0	0	-2	0	0	0
B. ruziziensis	Mucuna-preta	-2	0	0	0	0	0	1	1
	Feijão-guandu	-2	0	0	0	0	0	1	-1
	Lab lab	-2	0	0	0	0	0	-2	0
Valores dos contrastes (%)									
Braquiária		13,39	5,19	23,86 [#]	-7,00	11,69	16,29 [#]	7,68	17,08 [#]
Leguminosa		-0,23	0,05	0,32	0,32	0,08	0,06	0,62 [#]	-0,54 [#]
Capim-gordura		-23,23	-4,45	7,52	1,18	-11,96	9,08 [#]	17,57	4,93
Espécies invasoras		0,71	-0,15	1,43	-1,21 [#]	1,48	-1,66 [*]	-0,41	-1,39 [#]
Biomanta		0,64	-0,22	-2,36	-0,5	-0,95	-0,19	-2,23	-1,19
Resíduos em decomposição		0,16	0,82	-3,68	-1,1	1,46	-11,30 [#]	6,23	2,75
Crosta microfíticas		11,61	2,17	-12,44	2,24	-2,25	-7,87	-24,80 [*]	-12,30 [#]
Crosta física		6,72	-0,58	-5,01	7,05	9,88	-7,42 [#]	-9,11	-2,65
Solo exposto		1,19	-2,37	-6,36	-2,22	-6,99 [#]	4,33 [#]	0,00	-5,84 [#]
Erosão		-10,88	-0,46	-3,26	1,24	-2,42	-1,32	4,42	-0,86

*. # significativo a 5 e 20% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

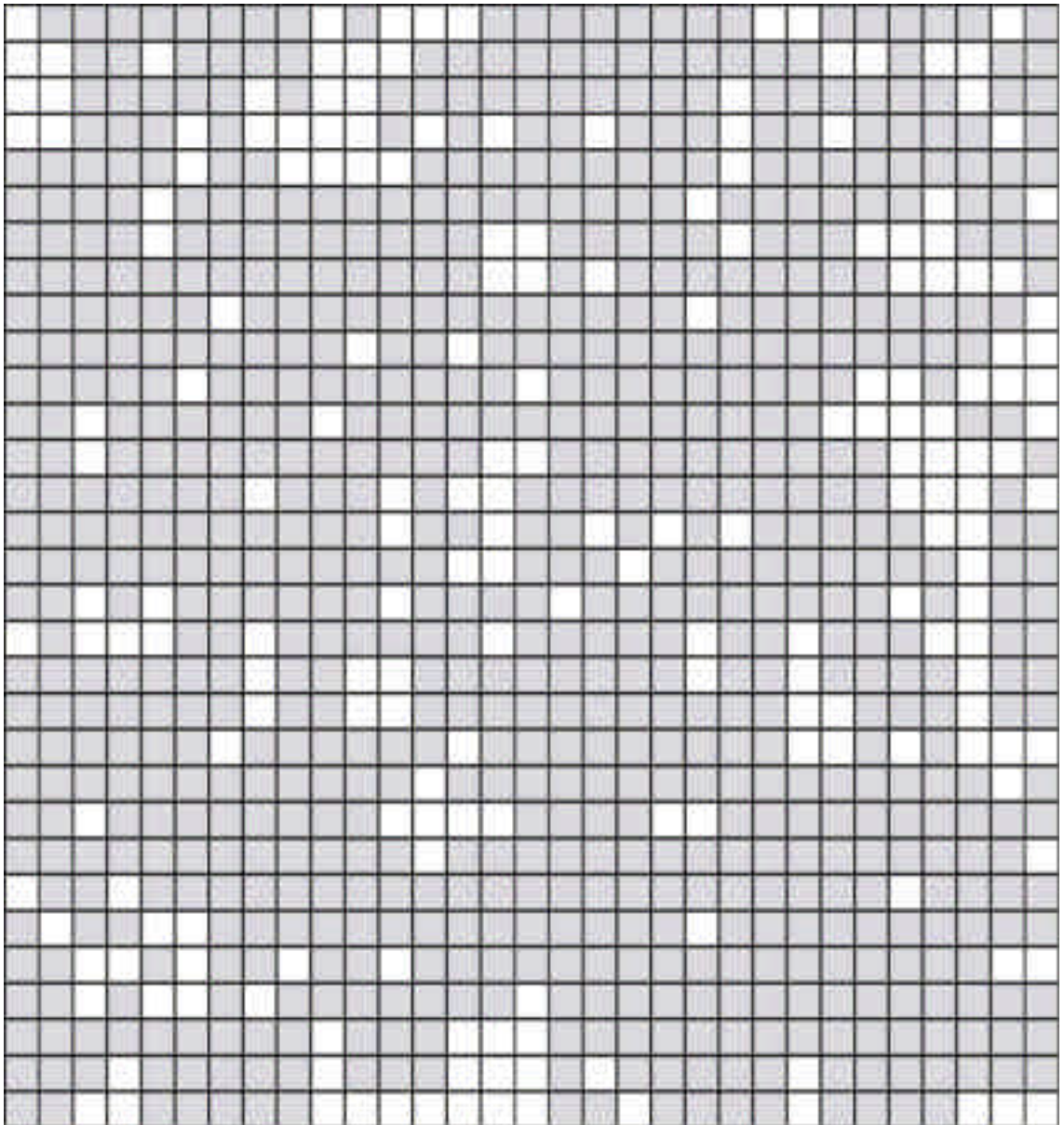


Figura 10. Substituições de tipologias nas quadrículas em parcela experimental do consórcio entre braquiária decumbens e mucuna-preta. As quadrículas sombreadas indicam presença de tipologias diferentes nos levantamentos de agosto de 2002 e abril de 2003.

são apresentadas as substituições das tipologias nas quadrículas, em cada parcela entre os dois levantamentos. A análise dos dados indica grande variabilidade registrada nas parcelas experimentais, com a conseqüente dificuldade de evidenciar diferenças estatisticamente significativas (Quadro 15), mesmo que fossem registradas modificações de importância na dinâmica das tipologias (Quadro 14).

Após essas considerações, registrar-se-ão respostas genéricas decorrentes das modificações que se seguiram ao período chuvoso, indicativas do dinamismo do sistema em estudo. Pelo Quadro 14 observa-se que, como era de se esperar, a chuva registrada no período favoreceu o crescimento das plantas, com destaque para as braquiárias. A maior dinâmica no período foi para braquiária decumbens. Seu consórcio com mucuna-preta apresentou o maior incremento entre todos os tratamentos (18,5%).

O único tratamento que não registrou incremento foi o do consórcio da braquiária brizanta com a mucuna-preta. Isso seria justificado porque, nesse tratamento, a braquiária apresentou crescimento destacadamente superior no levantamento de agosto de 2002, em relação ao dos outros tratamentos em análise. Observou-se proporção de 35,19%, comparada à média de 19,04% nos outros tratamentos, com baixo desvio (Quadro 10).

Seguindo as braquiárias, em ordem decrescente, escalaram-se o capim-gordura e as outras espécies invasoras (Quadro 8). Esse último conjunto, porém, apresentou variação percentual reduzida (Quadro 14). As leguminosas, de forma geral, continuaram em declínio, diminuindo ainda mais a já escassa presença no levantamento de agosto de 2002 (Quadros 10 e 14).

O período chuvoso favoreceu também o crescimento das crostas microfíticas. Nos consórcios com braquiária brizanta, o incremento médio foi de 57% (Quadro 14).

A importância do crescimento das espécies vegetais nesse período é destacada porque a parte aérea das plantas intercepta as gotas das chuvas, diminuindo a sua energia e evitando, assim, a desagregação das partículas e o selamento superficial. Outra função desempenhada pela cobertura vegetal é atenuar a variação de temperatura na superfície do solo, reduzindo a amplitude nos ciclos de umedecimento e secagem da superfície do solo (FARIA, 1996; FULLEN, 1998; ROBINSON e PHILLIPS, 2001).

Quadro 14. Dinâmica da cobertura de braquiária (BRA), leguminosa (LEG), capim-gordura (GOR), espécies invasoras (INV), biomanta (BIOM), resíduos em decomposição (RES), crostas microfíticas (CMICR), crosta física (CFIS), solo exposto (SOLEX) e erosão (ERO) nos levantamentos realizados em agosto de 2002 e abril de 2003, considerando os tratamentos aplicados ^{1/}

Braquiária	Leguminosa	BRA	LEG	GOR	INV	BIOM	RES	CMICR	CFIS	SOLEX	ERRO
		%									
B. brizanta	Mucuna-preta	-0,83	0,27	2,27	0,56	-6,55	2,59	13,67	-2,52	-6,36	-3,09
	Feijão-guandu	18,34	-0,18	1,89	1,46	-12,86	0,85	3,99	-2,75	-7,12	-3,62
	Lab lab	2,63	0,00	0,18	0,17	-13,56	1,07	13,54	1,74	-3,98	-1,79
	Média	6,71	0,03	1,45	0,73	-10,99	1,50	10,40	-1,18	-5,82	-2,83
B. decumbens	Mucuna-preta	18,50	0,10	7,39	0,55	-10,24	-3,38	3,55	-4,57	-8,17	-3,72
	Feijão-guandu	6,85	-1,01	0,46	-0,17	-12,91	1,13	7,43	7,13	-7,81	-1,11
	Lab lab	7,43	0,03	6,48	0,23	-8,34	-0,87	3,33	-0,97	-4,76	-2,56
	Média	10,93	-0,29	4,78	0,20	-10,50	-1,04	4,77	0,53	-6,92	-2,47
B. ruziziensis	Mucuna-preta	11,89	-0,07	6,09	-0,10	-5,54	-2,95	-1,16	0,27	-8,17	-0,25
	Feijão-guandu	4,00	-0,87	11,36	0,94	-10,44	1,81	3,19	-3,22	-7,31	0,55
	Lab lab	5,18	0,00	0,08	0,33	-9,74	0,92	13,30	-1,23	-7,40	-1,44
	Média	7,02	-0,32	5,84	0,39	-8,57	-0,08	5,11	-1,40	-7,63	-0,38

^{1/} Os valores constantes neste quadro referem-se às diferenças percentuais observadas entre abril de 2003 e agosto de 2002.

Quadro 15. Contrastes ortogonais comparando a percentagem de coberturas das tipologias nos levantamentos realizados em agosto de 2002 e abril de 2003

Braquiária	Leguminosa	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
B. brizanta	Mucuna-preta	1	1	1	1	0	0	0	0
	Feijão-guandu	1	1	1	-1	0	0	0	0
	Lab lab	1	1	-2	0	0	0	0	0
B. decumbens	Mucuna-preta	1	-1	0	0	1	1	0	0
	Feijão-guandu	1	-1	0	0	1	-1	0	0
	Lab lab	1	-1	0	0	-2	0	0	0
B. ruziziensis	Mucuna-preta	-2	0	0	0	0	0	1	1
	Feijão-guandu	-2	0	0	0	0	0	1	-1
	Lab lab	-2	0	0	0	0	0	-2	0
Valores dos contrastes (%)									
Braquiária		3,60	-4,22	12,26	-19,17*	10,49	11,65 [#]	5,53	7,89
Leguminosa		0,38	0,26	0,09	0,45 [#]	-0,97 [#]	1,11*	-0,94 [#]	0,80*
Capim-gordura		-5,45	-3,33	3,80	0,38	-5,11	6,93 [#]	17,29*	-5,27
Espécies invasoras		0,15	0,53	1,68	-0,90	-0,08	0,72	0,18	-1,04
Biomanta		-4,35	-0,49	7,71	6,30 [#]	-6,47	2,67	3,50	4,90 [#]
Resíduos em decomposição		0,63	2,54	1,30	1,74	0,51	-4,51	-2,98	-4,76 [#]
Crosta microfíticas		4,95	5,63	-9,42	9,68 [#]	4,32	-3,88	-24,60*	-4,35
Crosta física		2,15	-1,71	-8,75	0,23	4,50	-11,7*	-0,49	3,49
Solo exposto		2,52	1,10	-5,52	0,76	-6,46	-0,34	-0,68	-0,86
Erosão		-4,52	-0,36	-3,13	0,53	0,29	-2,60	3,18	-0,80

*, # significativo a 5 e 20% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Por outro lado, o levantamento realizado em abril de 2003 mostrou a diminuição das três formas de exposição do solo, todas elas críticas na revegetação de taludes: solo exposto, solo erodido e presença de crosta física, nessa ordem, apresentaram valores sensivelmente inferiores (Quadro 14).

Essa diminuição pode ter sido verificada em resposta ao incremento da cobertura vegetal ou da presença das crostas microfíticas. Outra possibilidade, considerando que a menor alteração foi registrada para as crostas físicas, seria a formação destas a partir das outras duas formas de exposição do solo.

A diminuição da erosão poderia ser atribuída também à transformação de material orgânico, contribuindo para iniciar o processo de agregação próximo à superfície do solo. Observa-se que a biomanta apresentou, em todos os consórcios, dinâmica com sinal negativo, indicando sua retirada do sistema. O caminho mais lógico é a sua transformação em resíduos em decomposição. A pouca variação dessa tipologia indica razoável equilíbrio entre acréscimo e degradação no período. Assim, a degradação parcial da biomanta deveria ser, necessariamente, acompanhada pela transformação dos resíduos em decomposição em materiais menores, não identificáveis sob esta denominação na observação visual realizada nas parcelas experimentais (Quadro 14).

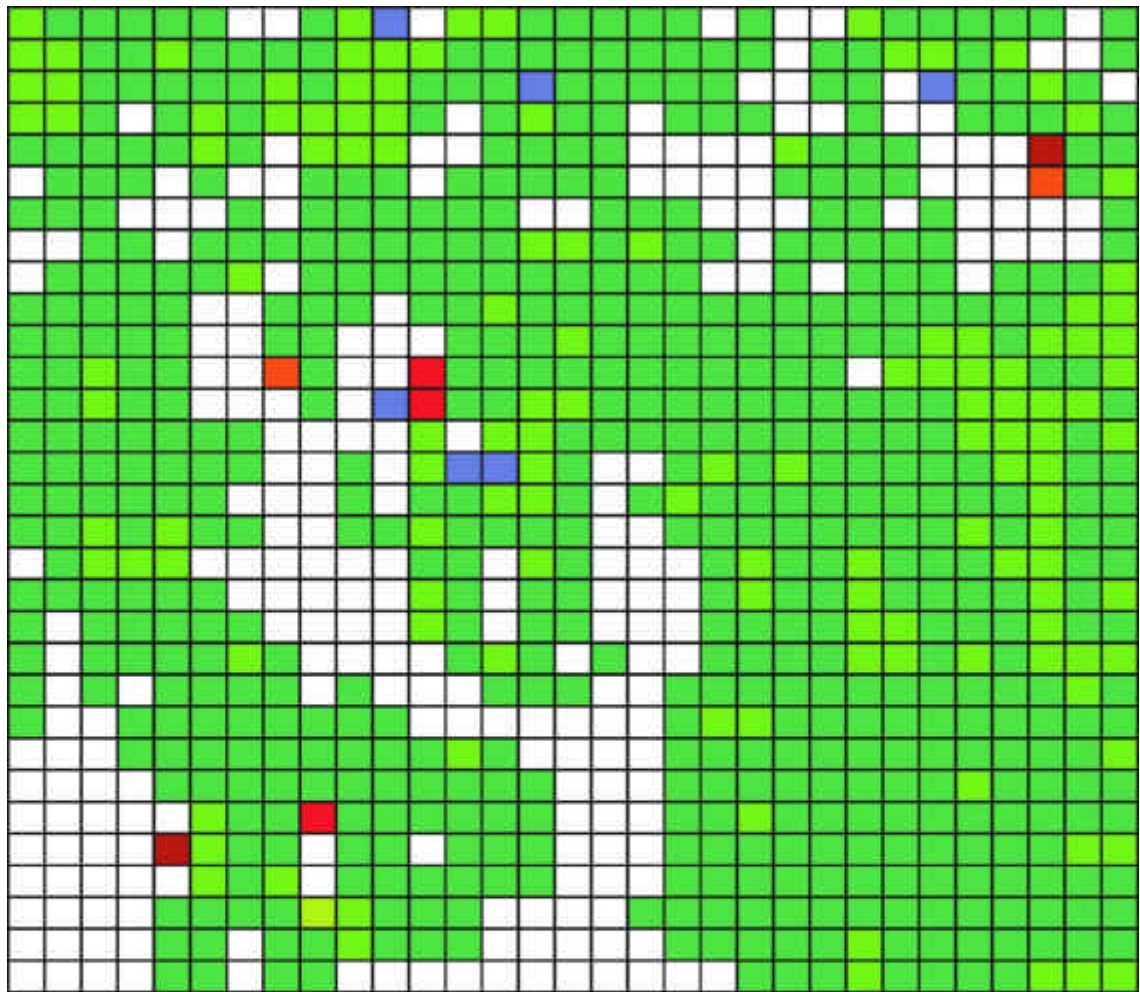
4.6. Observações qualitativas da competição entre tipologias

Além de quantificar a dinâmica no período, também foi possível analisar a capacidade de competição de cada tipologia em relação às demais. Comparando o segundo levantamento com o primeiro, cada tipologia poderia ter o seguinte destino quando analisada cada quadrícula individualmente: estar presente em ambos os levantamentos, somente no primeiro ou somente no segundo levantamento. Depois dessa análise, na situação em que só ocorria no primeiro levantamento, foi verificada qual a tipologia responsável pela sua substituição. Esse procedimento foi adotado em todas as parcelas e em cada uma das 11 tipologias analisadas, determinando-se as características de competição.

O trabalho é exemplificado na Figura 11, que apresenta a mesma parcela do consórcio entre braquiária decumbens e mucuna-preta, previamente mostrada (Figuras 7 e 9). Considerando a necessidade de elaborar 11 figuras por parcela experimental, na Figura 11 indica-se somente a competição da braquiária, que foi a tipologia mais destacada nos levantamentos. A figura ilustra a competição dessa tipologia em relação às demais na parcela. Foi verificado que, no levantamento de abril de 2003, braquiária decumbens passou a ocupar 582 novas células, o que representa aumento de 59% de novas ocorrências. De forma oposta, em 14 situações, a BRA foi substituída por uma outra tipologia. Segundo o mapa, seis quadrículas (células) foram substituídas por CMICR, três por SOLEX, duas por BIOM, duas por RES e uma por INV.

Quadro 16. Substituição de tipologias nas quadrículas das parcelas experimentais no período entre agosto de 2002 e abril de 2003

Tratamentos		Alteração nas parcelas			
Braquiária	Leguminosa	Bloco I	Bloco II	Bloco III	Bloco IV
		%			
B. brizanta	Mucuna-preta	71,6	40,7	57,1	-
	Feijão-guandu	-	63,8	67,2	68,9
	Lab lab	71,0	37,5	71,2	65,7
B. decumbens	Mucuna-preta	73,0	70,5	70,1	79,0
	Feijão-guandu	71,6	45,7	72,2	68,0
	Lab lab	78,2	58,6	65,5	71,1
B. ruziense	Mucuna-preta	60,8	59,0	-	64,2
	Feijão-guandu	69,7	78,3	75,9	68,3
	Lab lab	69,3	72,5	74,2	66,0



- Ausência de braquiária nos dois levantamentos
- Presença de braquiária nos dois levantamentos
- Substituição de outras tipologias por braquiária
- Substituição de braquiária por crosta biológica
- Substituição de braquiária por solo exposto
- Substituição de braquiária por material em decomposição
- Substituição de braquiária por biomanta
- Substituição de braquiária por espécie invasora

Figura 11. Competição entre a braquiária e as demais tipologias encontradas em parcela experimental no levantamento de abril de 2003. O exemplo corresponde ao consórcio entre braquiária decumbens e mucuna-preta.

A análise de dinâmica e competição entre tipologias foi uma tentativa de conhecer a existência de uma seqüência de eventos em uma área recém-aberta por algum evento de degradação. A complexidade da apresentação dos dados leva a realizar observações qualitativas, mesmo que a totalidade das 35 parcelas tenha sido levantada para estabelecer a competição entre as 11 tipologias. As observações mencionadas surgem do estudo de 385 mapas semelhantes aos da Figura 11.

A análise das parcelas testemunhas, exatamente por não haver presença inicial de plantas, simula bem a dinâmica após abertura e exposição de uma área degradada. No levantamento de agosto de 2002, quatro anos após a construção do talude, foram observadas nas parcelas testemunhas as seguintes tipologias, em ordem decrescente de ocorrência: CMICR, CFIS, GOR, SOLEX e ERO.

Os dados de abril de 2003 permitiram observar que as áreas (células) de SOLEX, no levantamento de agosto de 2002, foram colonizadas por crostas microfíticas, por espécies invasoras (GOR e INV) ou, ainda, deram lugar a CFIS. Com relação ao capim-gordura, ele colonizou áreas com solo exposto (SOLEX e CFIS) ou CMICR, sendo a maior proporção observada nesta última.

Nas demais parcelas, revegetadas com espécies vegetais (consórcios), as dinâmicas das células SOLEX, CFIS e CMICR levaram, respectivamente, à colonização de BRA, CMICR e BRA. De modo similar ao ocorrido nas parcelas testemunhas, onde a colonização de plantas invasoras era preferencialmente em células de CMICR, o aparecimento de novas plantas de braquiária em parcelas revegetadas apresentou o mesmo comportamento. O número de ocorrência de novas plantas em locais com CMICR foi o dobro da ocorrência em SOLEX. Isso pode ser o reflexo da importância das crostas microfíticas no estágio primário da sucessão ecológica, resultando na estabilização e recuperação de superfícies degradadas, ao disponibilizar elementos essenciais à instalação de plantas invasoras (LEONARD, 1995).

A análise de competição entre as tipologias sugeriu que existe uma propensão à sucessão de respostas, após a degradação de uma área. Entretanto, observa-se também a existência de eventos paralelos que contrariam essa seqüência. Isso foi bem ilustrado em situações nas quais,

no levantamento de agosto de 2002, em algumas células, havia CMICR e, em abril de 2003, o levantamento detectou a presença de CFIS. A explicação para o fato seria a provável ocorrência de erosão no período compreendido entre os dois levantamentos, que soterrou a crosta microfítica, atrasando o processo de colonização por espécies vegetais. Esse fato será confirmado por observações micromorfológicas discutidas mais adiante.

4.7. Diferenciação da crosta microfítica

Como relatado previamente, a crosta microfítica (CMICR) foi uma denominação genérica dada para a ocorrência de crostas biológicas mistas detectadas nos levantamentos realizados nas parcelas experimentais, em diferentes estágios de evolução. Assim, observaram-se as denominadas crostas biológicas em fase inicial de colonização (CBIO) e, também, num estágio mais evoluído, as que registraram a presença de musgos e líquens.

A razão da apresentação dos três tipos descritos em forma conjunta foi a baixa presença relativa de musgos e líquens no conjunto, como mostram os dados do Quadro 17. Nesse quadro, além dos levantamentos de agosto de 2002 e abril de 2003, apresenta-se, também, a evolução dessas subdivisões da CMICR no período em foco. Verifica-se, em geral, o crescimento de todas as formas em resposta ao aumento da umidade no ambiente. Considerando que as CMICRs seriam precursoras da instalação de plantas superiores, o incremento da colonização é característica desejável na revegetação de taludes. É de importância o acompanhamento da cobertura com CMICR, em geral, e a evolução de CBIO para musgos e líquens, com o passar dos anos, atentando também para a observação da amplitude da dinâmica nos períodos seco e chuvoso. Isso, associado com o crescimento da cobertura vegetal, seria um indicativo de tratamento adequado de taludes rodoviários, visando a contenção de encostas e a proteção contra o deslizamento de terras.

Quadro 17. Percentagem de cobertura nos levantamentos de agosto de 2002 e abril de 2003 e dinâmica diferenciando a crosta microfítica em crosta biológica em fase inicial (CBIO) e crostas biológicas com presença de musgos ou líquens

Braquiária	Leguminosa	CBIO	MUSGOS	LIQUENS	Total
% —————					
Agosto de 2002					
B. brizanta	Mucuna-preta	13,73	0,00	0,30	14,03
	Feijão-guandu	21,08	0,18	0,21	21,47
	Lab lab	17,69	1,57	0,00	19,26
B. decumbens	Mucuna-preta	17,50	1,09	0,03	18,62
	Feijão-guandu	22,12	0,49	0,00	22,61
	Lab lab	21,15	2,65	0,10	23,90
B. ruzizensis	Mucuna-preta	11,87	0,73	0,04	12,64
	Feijão-guandu	17,82	2,77	0,00	20,59
	Lab lab	16,37	0,37	0,00	16,74
Abril de 2003					
B. brizanta	Mucuna-preta	26,61	0,37	0,72	27,70
	Feijão-guandu	22,53	1,95	0,98	25,46
	Lab lab	30,60	1,99	0,21	32,80
B. decumbens	Mucuna-preta	21,28	0,36	0,53	22,17
	Feijão-guandu	29,00	0,85	0,21	30,04
	Lab lab	23,71	3,28	0,24	27,23
B. ruzizensis	Mucuna-preta	9,44	1,80	0,24	11,48
	Feijão-guandu	21,77	1,52	0,49	23,78
	Lab lab	29,26	0,44	0,33	30,03
Dinâmica					
B. brizanta	Mucuna-preta	12,88	0,37	0,42	13,67
	Feijão-guandu	1,45	1,77	0,77	3,99
	Lab lab	12,91	0,42	0,21	13,54
B. decumbens	Mucuna-preta	3,78	-0,73	0,50	3,55
	Feijão-guandu	6,88	0,36	0,21	7,43
	Lab lab	2,58	0,63	0,14	3,33
B. ruzizensis	Mucuna-preta	-2,43	1,07	0,20	-1,16
	Feijão-guandu	3,95	-1,25	0,49	3,19
	Lab lab	12,89	0,07	0,33	13,30

4.8. Caracterização química, física e micromorfológica do solo associado às tipologias

Após análise das proporções das tipologias, observaram-se pequenas diferenças estatísticas entre tratamentos (Quadros 11 e 13). Contudo, a observação das 11 tipologias assinaladas nos levantamentos excluindo a presença de plantas invasoras e de rochas, levou a tentativa de associação entre tipologias e características do solo, no intuito de se identificar alguma característica que permitisse relacionar com a presença de determinada tipologia. Para isso, foram retiradas amostras em número variável, dependendo da caracterização, em locais representativos das diferentes tipologias. Para o caso das INVs, como as plantas não se apresentavam em grupos, foi difícil estabelecer uma área na superfície do solo representativa dessa tipologia, o que levou à sua exclusão nas caracterizações. Essas amostras foram codificadas, indicando o número de parcela em que foram retiradas (Quadro 9).

4.8.1. Caracterização química

Entre as características químicas determinadas rotineiramente em estudos dessa natureza foram acrescentados micronutrientes e metais pesados, como Cd, Cr, Pb e Ni. A determinação dos teores de metais pesados é justificada pelo fato de alguns organismos da crosta microfítica serem bioindicadores ambientais.

Nos Quadros 18 e 19 são mostrados os resultados das análises químicas realizadas. Devido à grande variabilidade observada, apresentam-se os resultados das diferentes amostragens, e não os valores médios, como forma de evidenciar a heterogeneidade de resultados, independentemente da tipologia em foco.

De maneira geral, as tipologias BRA, LEG, GOR e RES apresentam-se nos setores com maiores teores de nutrientes, caracterizados como eutróficos. Em situação oposta, merece atenção a CFIS, onde todas as amostras são distróficas. Nas demais tipologias, os teores de nutrientes variam com maior amplitude entre as repetições (Quadro 18).

Quadro 18. Caracterização química das tipologias levantadas no período

Tipologia	Parcela	pH H ₂ O	P ^{1/}		Ca ^{2/}	Mg ^{2/}	Al ^{2/}	H + Al ^{3/}	C ^{4/}	N ^{5/}
			— mg/dm ³ —		— cmol _c /dm ³ —			— dag/kg —		
BRA	P-7	5,5	5,19	23	0,63	1,55	0,52	1,98	0,43	0,021
	P-14	5,3	6,74	141	2,36	2,97	1,12	2,81	0,81	0,039
	P-23	6,3	18,10	189	1,00	0,89	0,04	0,92	1,55	0,089
	P-25	5,5	4,37	109	0,59	1,94	0,20	1,85	0,35	0,025
LEG	P-2	5,4	3,98	61	0,78	1,00	0,04	1,85	0,67	0,034
	P-6	5,6	3,98	123	3,72	5,72	0,44	3,56	1,27	0,074
	P-26	5,8	29,60	142	1,69	2,88	0,08	1,98	1,19	0,072
	P-29	5,8	6,51	123	0,68	2,71	0,08	1,58	0,38	0,030
GOR	P-6	5,7	4,98	135	1,47	3,38	0,08	2,11	0,70	0,037
	P-12	5,5	4,17	123	2,23	2,39	0,84	4,36	1,58	0,054
	P-13	5,4	8,45	133	1,92	2,63	0,16	2,48	1,24	0,065
	P-14	5,6	4,78	141	2,28	1,35	0,04	2,15	1,02	0,100
BIOM	P-20	5,7	6,51	81	1,08	2,16	0,04	1,58	0,85	0,029
	P-21	5,0	13,30	91	1,47	2,42	0,04	1,72	0,54	0,029
	P-22	5,9	6,06	125	0,07	3,10	0,08	1,85	0,48	0,020
	P-23	5,4	4,98	80	0,30	0,77	0,84	2,24	0,34	0,030
RES	P-26	4,2	3,59	122	0,78	2,79	0,12	1,72	0,48	0,029
	P-33	6,2	6,28	84	1,39	3,36	0,08	0,79	0,17	0,017
	P-34	6,1	16,30	195	4,12	3,44	0,08	1,85	1,06	0,084
	P-35	5,5	4,78	143	0,13	1,87	0,08	1,58	0,20	0,015
CBIO	Test 1	6,3	4,37	24	0,61	1,92	0,04	0,92	0,21	0,011
	Test 2	5,5	4,37	9	0,19	0,36	0,20	2,24	0,15	0,014
	P-27	5,6	12,90	105	1,10	3,09	0,20	2,11	0,28	0,017
	P-36	5,9	3,22	97	0,18	3,33	0,08	1,06	0,19	0,017
MUSGOS	P-1	5,3	3,40	56	0,15	0,78	0,16	1,85	0,55	0,022
	P-6	5,4	3,03	39	1,08	1,42	1,20	4,22	0,74	0,004
	P-9	5,1	15,90	34	0,21	1,97	0,72	3,56	0,28	0,012
	P-17	5,3	4,37	27	0,19	0,59	0,20	1,72	0,49	0,014
LIQUENS	P-5	5,6	7,70	73	0,60	3,40	0,20	1,19	0,35	0,018
	P-7	5,5	9,80	80	0,22	3,49	0,28	1,32	0,37	0,022
	P-9	5,3	6,28	25	0,11	0,69	1,60	4,36	0,34	0,016
	P-14	5,2	3,98	81	1,01	0,99	0,40	3,30	1,13	0,059
CFIS	P-2	5,4	3,40	63	0,78	0,90	0,12	2,24	0,46	0,023
	P-3	5,5	3,03	97	0,11	1,07	0,32	1,58	0,28	0,007
	P-18	5,2	13,30	56	0,37	0,56	0,44	1,72	0,31	0,016
	Test 2	5,2	2,49	14	0,02	0,34	0,60	1,06	0,13	0,011
SOLEX	P-2	5,3	3,40	93	0,57	0,61	0,32	1,72	0,47	0,022
	P-7	5,4	3,40	107	1,52	1,62	0,88	4,62	1,32	0,067
	P-27	5,9	5,19	97	0,18	1,97	0,08	1,06	0,12	0,014
	P-30	6,0	4,78	92	0,41	2,82	0,08	1,06	0,22	0,023
ERRO	P-10	5,3	18,40	60	0,73	1,87	-	-	0,64	0,027
	P-11	5,5	9,80	32	14,30	5,05	1,24	3,70	0,36	0,015
	P-12	5,7	5,62	85	9,23	4,61	0,52	2,64	0,45	0,020
	P-15	5,5	3,22	41	0,36	1,16	0,24	1,98	0,39	0,024

^{1/} Extrator Mehlich-1. ^{2/} Extrator KCl 1 mol/L. ^{3/} Extrator Ca(OAc)₂ 0,5 mol/L pH = 7 (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1997). ^{4/} Método Walkley-Black modificado (YEOMANS e BREMMER, 1988). ^{5/} Método Kjeldahl (BREMMER, 1996).

Quadro 19. Micronutrientes e metais pesados determinados no período^{1/}

Tipologia	Parcela	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Cr	Pb	Ni
		mg/dm ³							
BRA	P-7	83	36	2,53	1,37	0,31	0,05	1,23	0,78
	P-14	623	80	1,58	1,23	0,23	0,32	0,90	0,29
	P-23	939	148	7,02	1,43	0,10	0,36	1,44	2,98
	P-25	101	41	2,75	1,28	0,09	0,18	1,86	0,92
LEG	P-2	69	29	3,85	1,65	0,09	0,24	1,16	0,00
	P-6	1.137	164	3,77	1,71	0,16	0,70	0,00	1,85
	P-26	766	99	4,94	1,41	0,31	0,69	0,26	2,28
	P-29	736	57	2,73	1,66	0,17	0,39	0,07	0,64
GOR	P-6	799	64	3,11	1,55	0,24	0,45	1,23	0,01
	P-12	854	76	2,87	1,69	0,24	0,15	1,01	0,47
	P-13	871	177	3,31	1,45	0,37	0,24	1,97	1,61
	P-14	105	95	3,22	1,42	0,22	0,14	0,60	1,23
BIOM	P-20	643	66	3,49	1,81	0,16	0,30	1,70	0,99
	P-21	901	69	3,76	1,60	0,13	0,50	0,87	1,88
	P-22	916	70	3,76	1,75	0,16	0,80	2,88	2,68
	P-23	52	21	1,61	2,15	0,20	0,49	1,80	0,46
RES	P-26	743	56	3,03	1,29	0,27	0,48	1,99	1,37
	P-33	640	25	4,81	0,63	0,14	0,75	1,99	1,74
	P-34	804	147	3,85	1,09	0,19	0,44	3,16	2,73
	P-35	49	17	4,10	6,38	0,22	0,92	3,62	1,05
CBIO	Test 1	93	23	0,67	0,58	0,20	0,05	4,35	0,53
	Test 2	56	3	0,46	0,37	0,15	0,00	4,20	0,69
	P-27	788	55	3,65	1,31	0,12	0,63	1,66	1,91
	P-36	104	28	2,76	1,67	0,16	0,86	1,47	1,45
MUSGOS	P-1	78	13	4,66	1,18	0,13	0,28	1,94	0,11
	P-6	860	55	2,38	1,98	0,27	0,24	1,44	0,85
	P-7	734	21	3,33	1,05	0,13	0,98	1,34	1,46
	P-17	23	3	0,39	0,41	0,07	0,00	2,45	0,60
LIQUENS	P-5	684	23	4,21	1,89	0,13	0,41	1,43	1,50
	P-7	52	11	1,99	0,79	0,21	0,55	1,19	0,54
	P-9	56	9	1,16	3,63	0,20	0,80	1,18	0,00
	P-14	80	51	1,92	1,51	0,25	0,62	1,67	1,32
CFIS	P-2	52	20	2,45	1,87	0,15	0,00	0,36	0,65
	P-3	24	7	4,78	0,63	0,00	0,21	1,18	0,00
	P-18	35	9	0,80	0,78	0,17	0,00	2,16	0,33
	Test 2	12	2	0,77	0,66	0,11	0,35	1,46	0,25
SOLEX	P-2	55	38	5,19	1,30	0,33	0,22	1,17	1,16
	P-7	691	106	2,14	2,20	0,21	0,60	1,09	0,65
	P-27	85	36	2,74	0,77	0,12	0,27	2,00	0,78
	P-30	595	45	2,41	1,89	0,18	0,26	2,01	0,93
ERO	P-10	795	40	2,23	2,20	0,30	0,84	1,06	1,08
	P-11	1382	21	4,95	0,89	0,21	0,93	1,45	1,13
	P-12	1398	50	4,82	1,05	0,17	0,73	1,48	0,78
	P-15	55	19	0,90	1,20	0,35	0,40	2,66	1,35

^{1/} Extrator Mehlich-1 (Embrapa, 1997).

Apesar da alta saturação de bases, considerando os teores de K, Ca e Mg, é observado um provável desequilíbrio nutricional. Mesmo com grande variabilidade, os valores de Mg se apresentaram elevados na maioria das vezes. Esses teores variaram desde valores semelhantes até 18 vezes o teor de cálcio, chegando nessa última situação a representar 73% da saturação de bases. Esses resultados poderiam causar desequilíbrio nutricional para o crescimento das plantas. Como não foi realizada análise foliar para avaliar o estado nutricional das plantas, o dado fica registrado como observação (Quadro 18).

Os valores apresentados para K e Mg se destacaram, pois as doses de NPK e calcário adicionadas não seriam suficientes para incorporar teores próximos aos encontrados. Na instalação do ensaio, a recomendação utilizada baseava-se nos teores mínimos indicados para o crescimento das plantas. Além disso, tendo em vista a textura arenosa e a declividade da área, é fácil imaginar perdas substanciais de K por lixiviação e erosão, principalmente na fase inicial do processo de revegetação.

Diante desse fato, e analisando a variabilidade do local, uma fonte intrínseca do solo conjugada ou não ao efeito de ciclagem de nutrientes pode ser invocada para explicar os altos valores encontrados para o K e as alterações entre Ca e Mg.

A possibilidade de uma fonte intrínseca é reforçada pela amostragem composta realizada antes da implantação do experimento, que revelou, em uma das faces, valor considerado alto para o K em Horizontes C de Latossolos da região em estudo (SANTANA FILHO et al., 1995; CUSATIS, 2001). Em diversos trabalhos tem sido observada a presença de minerais fontes de K, mais resistentes ao processo de intemperismo, em Latossolos de várias regiões do Brasil (MELO et al., 2002).

Em relação ao carbono orgânico, os valores apresentaram elevada variabilidade. Os maiores valores foram observados para LEG e GOR (Quadro 18). Nas demais tipologias os valores foram baixos, apresentando variabilidade baixa (SOLEX) ou elevada (CFIS e CBIO) entre as repetições.

Considerando os micronutrientes e metais pesados, de maneira geral, foram verificados altos teores de ferro e manganês, sem relação aparente com alguma tipologia. De maneira similar à dos demais

nutrientes, os valores variaram entre as parcelas. Como a maior parte das parcelas estava localizada sobre o Horizonte C, que é naturalmente um ambiente heterogêneo, observou-se, na amostragem, a ocorrência de bandeamentos ora mais félsicos ora mais máficos. Dessa forma, a amostra pode ter sido favorecida com minerais mais ricos nesses nutrientes, nas bandas mais máficas.

As amostras de solos apresentaram coloração de branco a vermelho-escuro, podendo ser um indicativo da variabilidade de ferro existente. A amostra dos LIQUENS referente à parcela 7 apresentava uma coloração muito clara, e a análise química apresentou teores menores de Fe (52 mg/dm^3). Em contrapartida, na parcela 23 de BRA, mais escura, os teores de Fe encontrados foram de 939 mg/dm^3 (Quadro 19).

Com relação aos metais pesados, os teores de Pb foram os mais relevantes (Quadro 19). Sua presença pode ser atribuída à proximidade da rodovia e à conseqüente contaminação pela descarga local de veículos (MULGREW e WILLIAMS, 2000). Os maiores valores foram observados nas tipologias CBIO e RES; nas amostras retiradas nas parcelas testemunhas da CBIO, os teores foram mais elevados que os registrados para as mesmas tipologias nos locais com presença de vegetação. Os organismos constituintes da crosta biológica, ou seja, algas, fungos, líquens, briófitas, entre outros, têm alta capacidade de retenção de particulados. Muitos desses organismos são considerados bons bioindicadores ambientais (TYLER, 1989).

Alguns resultados também podem ser atribuídos à ciclagem de nutrientes. O processo de decomposição contribui para a fertilidade dos solos, através da regeneração dos nutrientes da planta e da manutenção da matéria orgânica no solo (OKEKE e OMAIKO, 1992). Dessa forma, deve ser considerado o aporte orgânico acumulado pelas plantas durante os cinco anos de condução do experimento.

Esse fato pode ser verificado pela análise das tipologias SOLEX, CFIS, LIQUENS, BIOM e ERO. Dentro da mesma tipologia, algumas parcelas são eutróficas e outras distróficas (Quadro 18). Essa variação pode não apresentar coerência se for analisado somente o fato de que essas tipologias se caracterizam por apresentar ausência de cobertura

vegetal na situação atual. Entretanto, analisando o aporte de material de parte aérea e de raízes no solo (Quadro 4) durante o tempo de condução do experimento, pode ser considerada a sua contribuição.

A tipologia ERO também reflete essa situação, pois as parcelas 10 e 15 sofreram um processo de ruptura e movimentação do solo, em que um grande bloco se deslocou na área, removendo a parte superficial onde ocorreu a ação da matéria orgânica no solo. Nas demais parcelas, a ação da erosão foi mais sutil e, apesar de a superfície da parcela se apresentar sem vegetação, ainda se mostra o efeito do material incorporado com reflexos na disponibilidade de nutrientes (Quadro 18).

Outro fato que corrobora, é que algumas tipologias foram amostradas na mesma parcela e apresentam fertilidades diferentes. Analisando, por exemplo, uma das situações em que isso ocorre, como a parcela 7, são comuns BRA e GOR e MUSGOS, em que BRA e GOR possuem alta saturação de bases, enquanto esta se mostra baixa no MUSGO. A alta variabilidade na fertilidade é ainda mais intrigante se for considerado que a variação ocorre em 9 m², que é o tamanho de cada parcela.

O papel da tipologia RES e o efeito da ciclagem de nutrientes relacionada aos altos valores de K podem ser observados na parcela 34. Essa parcela, apesar da baixa cobertura vegetal, recebeu dois diferentes aportes de matéria orgânica: o primeiro foi proveniente das braquiárias e leguminosas utilizadas no tratamento e o segundo foram aportes externos de *Acacia holosericea*, situada acima da parcela. Nessa parcela, a saturação de bases é superior a 80%, e os teores de K são os mais elevados de todas as parcelas nas diferentes tipologias.

O potássio não se liga a nenhum composto orgânico estrutural da planta, o que em princípio favorece sua perda pelas folhas e raízes, até mesmo pela água das chuvas. Uma vez na matéria orgânica do solo, o K se apresenta quase que totalmente sob a forma trocável, ou seja, adsorvido às cargas dos colóides orgânicos, contribuindo diretamente para a fração de K prontamente disponível (MALAVOLTA, 1977).

4.8.2. Caracterização física

Como indicado em Material e Métodos (item 3.3.2), a caracterização física foi realizada em materiais retirados com cilindros. Para permitir melhor contato entre o solo e as paredes dos cilindros, estes foram colocados nos locais de amostragem e deixados por período de 120 dias. No momento da retirada, porém, observou-se que, devido ao prolongado tempo de permanência na área, o solo na superfície dos cilindros tinha sofrido a ação da erosão, em consequência da precipitação no período e da elevada declividade do terreno. Apesar da tentativa de estimar o volume de solo perdido para efetuar correções, essa contingência, certamente, introduziu erros variáveis nos resultados das determinações que dependem do volume total do solo, como a densidade do solo e a porosidade (total, macro e micro).

Por outro lado, em resposta ao elevado dinamismo do sistema no período chuvoso, alguns anéis inseridos em tipologias diferentes daquelas das crostas microfíticas (crostas biológicas, musgos e líquens) chegaram a apresentar colonizações de microrganismos, alterando a tipologia original, o que poderia provocar modificações na determinação da condutividade hidráulica. A estimativa qualitativa do recobrimento superficial por material biológico nos cilindros é apresentada no Quadro 20, utilizando-se as expressões pouca, média, alta e muito alta para caracterizar os diversos níveis de colonização. Pode inferir-se, pelos resultados apresentados, que a nova colonização foi aleatória, sem se mostrar associada a um tipo específico de tipologia.

No mesmo quadro também são apresentados os valores da condutividade hidráulica e da porosidade (total, macro e micro). Complementando a caracterização física, no Quadro 21 são mostrados os valores da densidade do solo e de partículas e a composição textural. Como se pode observar nos dois quadros indicados, na apresentação de resultados foi adotado o mesmo critério utilizado na caracterização química (Quadros 18 e 19). Assim, apresentam-se os resultados das determinações individuais e não as médias resultantes.

Quadro 20. Condutividade hidráulica, porosidade total (PT), macro e microporosidade, considerando as tipologias levantadas no período. CMICR: crosta microfítica

Tipologia	Parcela	Presença de CMICR	Condutividade Hidráulica ^{1/}		PT	Macro	Micro ^{2/}
			Valor	Classificação ^{3/}			
			cm/ h	m ³ /m ³			
BRA	P-7	muito alta	27,65	Muito rápida	0,68	0,40	0,28
	P-14	pouca	0,28	Lenta	0,66	0,26	0,40
	P-23	-	9,78	Mod. rápida	0,69	0,40	0,29
LEG	P-6	média	23,63	Rápida	0,74	0,43	0,31
	P-26	pouca	21,28	Rápida	0,65	0,36	0,29
	P-29	pouca	7,96	Mod. rápida	0,70	0,42	0,28
GOR	P-6	alta	19,61	Rápida	0,68	0,36	0,32
	P-12	-	3,04	Moderada	0,67	0,23	0,44
	P-14	-	72,59	Muito rápida	0,72	0,38	0,34
BIOM	P-20	-	1,18	Mod. lenta	0,66	0,36	0,30
	P-22	-	5,18	Moderada	0,65	0,33	0,32
	P-23	média	2,31	Moderada	0,65	0,37	0,28
RES	P-33	pouca	0,56	Mod. lenta	0,66	0,36	0,30
	P-34	média	9,80	Mod. rápida	0,59	0,28	0,31
	P-35	pouca	13,10	Rápida	0,66	0,35	0,31
CBIO	Test 2	alta	0,46	Lenta	0,63	0,25	0,38
	P-27	muito alta	0,34	Lenta	0,62	0,31	0,31
	P-36	alta	4,07	Moderada	0,64	0,33	0,31
MUSGOS	P-1	alta	0,41	Lenta	0,64	0,28	0,36
	P-6	alta	0,31	Lenta	0,59	0,26	0,33
	P-9	alta	4,83	Moderada	0,76	0,35	0,41
LIQUENS	P-15	muito alta	0,05	Muito lenta	0,65	0,27	0,38
	P-27	alta	1,69	Mod. lenta	0,63	0,32	0,31
	P-28	alta	0,28	Lenta	0,62	0,23	0,39
CFIS	P-2	-	5,63	Moderada	0,72	0,49	0,23
	P-3	alta	1,15	Mod. lenta	0,60	0,25	0,35
	P-18	-	6,83	Mod. rápida	0,70	0,40	0,30
SOLEX	P-2	-	8,43	Mod. rápida	0,71	0,47	0,24
	P-7	pouca	7,27	Mod. rápida	0,70	0,45	0,25
	P-27	pouca	2,34	Moderada	0,64	0,35	0,29
ERO	P-10	média	1,65	Mod.lenta	0,69	0,25	0,46
	P-12	média	15,32	Rápida	0,75	0,38	0,37
	P-15	-	1,13	Mod. lenta	0,54	0,24	0,30

^{1/} Método do permeâmetro de carga constante (FERREIRA, 2001). ^{2/} Método da mesa de tensão (RUIZ, 2003). ^{3/} Muito lenta: < 0,125; lenta: 0,125-0,5; moderadamente lenta: 0,5-2,0; moderada: 2,0-6,25; moderadamente rápida: 6,25-12,5; rápida: 12,5-25,0; muito rápida: > 25,0 cm/h.

Quadro 21. Densidade do solo (DS) e das partículas (Dp) e a composição textural, considerando as tipologias levantadas no período

Tipologia	Parcela	g/cm ³		kg/kg		
		Ds ^{1/}	Dp ^{2/}	Areia	Silte	Argila
BRA	P-7	0,86	2,68	0,62	0,25	0,13
	P-14	1,00	2,94	0,24	0,53	0,23
	P-23	0,87	2,80	0,69	0,20	0,11
LEG	P-6	0,71	2,74	0,56	0,28	0,16
	P-26	1,01	2,89	0,82	0,06	0,12
	P-29	0,89	2,92	0,70	0,17	0,13
GOR	P-6	0,89	2,76	0,51	0,28	0,21
	P-12	0,91	2,77	0,32	0,27	0,41
	P-14	0,77	2,83	0,38	0,25	0,37
BIOM	P-20	0,99	2,91	0,61	0,26	0,13
	P-22	0,96	2,73	0,57	0,26	0,17
	P-23	0,94	2,70	0,52	0,34	0,14
RES	P-33	0,93	2,75	0,78	0,15	0,07
	P-34	1,16	2,82	0,86	0,10	0,04
	P-35	0,96	2,83	0,80	0,14	0,06
CBIO	Test. 2	1,03	2,75	0,53	0,43	0,04
	P-27	1,16	3,08	0,72	0,21	0,07
	P-36	0,98	2,73	0,67	0,23	0,10
MUSGOS	P-1	1,02	2,87	0,52	0,25	0,23
	P-6	1,17	2,88	0,76	0,16	0,08
	P-9	0,75	3,08	0,52	0,26	0,22
LIQUENS	P-15	1,03	2,94	0,30	0,45	0,25
	P-27	0,98	2,68	0,64	0,26	0,10
	P-28	1,06	2,81	0,77	0,16	0,07
CFIS	P-2	0,74	2,67	0,68	0,30	0,02
	P-3	1,23	3,08	0,28	0,14	0,58
	P-18	0,79	2,66	0,49	0,20	0,31
SOLEX	P-2	0,76	2,57	0,52	0,23	0,25
	P-7	0,82	2,74	0,63	0,41	0,16
	P-27	1,03	2,86	0,81	0,14	0,05
ERO	P-10	0,83	2,75	0,50	0,37	0,13
	P-12	0,79	3,18	0,42	0,29	0,29
	P-15	1,11	2,41	0,48	0,30	0,22

^{1/} Método do anel volumétrico. ^{2/} Método do balão volumétrico (Embrapa, 1997).

A análise textural mostra que, das 33 unidades analisadas, 27 enquadram-se na definição de solos de textura média, isto é, solos com menos de 0,35 kg/kg de argila e mais de 0,15 kg/kg de areia, excluídas as classes texturais de areia e areia franca (RUIZ, 2003). Das seis restantes, duas são de textura argilosa e quatro de textura arenosa (Quadro 21). Além disso, as 27 amostras com textura média apresentam pronunciada variabilidade na proporção de seus componentes. Essas diferenças texturais podem ser atribuídas à localização de algumas parcelas em Horizonte B, outras em transições entre B e C e as restantes em Horizonte C, conforme já destacado anteriormente. A característica textural das amostras, com predomínio de partículas pouco propensas à coesão, contribuiu para a perda de material na porção superior dos cilindros utilizados nas amostragens, como previamente indicado.

Os valores da densidade do solo foram marcadamente inferiores àqueles esperados para solos com as características texturais descritas (Quadro 21). Isso indica que a tentativa de corrigir o volume de solo perdido levou a superestimar seus valores, diminuindo a densidade do solo. Considerando que essa aproximação não afetou a determinação da densidade de partículas, os valores subestimados da densidade do solo levaram a cálculos de porosidade total superiores aos reais, alterando também os valores estimados de macro e a microporosidade (Quadro 20).

A condutividade hidráulica em meio saturado foi a característica que apresentou a maior variabilidade (Quadro 20). Na tentativa de associação com textura do solo e porosidade, foram realizadas correlações relacionando a condutividade hidráulica com o teor de areia, com a porosidade total e com a macroporosidade. Os coeficientes de correlação linear simples, para as 33 unidades experimentais, foram de -0,09, 0,42 e 0,37, respectivamente. As duas últimas correlações foram estatisticamente significativas devido ao elevado número de pares de valores confrontados, porém os baixos valores dos coeficientes de correlação indicam baixa capacidade preditiva do modelo.

Em acréscimo, a condutividade hidráulica em meio saturado depende mais da orientação preferencial que de seus valores totais. OLIVEIRA (2000), por meio de análise de microperfis em resposta à cobertura do solo, mostrou que maiores valores de macroporos, com

disposição predominantemente paralela à superfície, resultavam em menores valores da condutividade hidráulica, quando comparados a tratamentos que apresentavam menores volumes de macroporos, mas com disposição predominantemente perpendicular à superfície do solo.

A impossibilidade de atribuir os valores de condutividade hidráulica registrados exclusivamente à porosidade indica que outras características devem contribuir para alcançar os valores de condutividade hidráulica mostrados no Quadro 20. A observação destes permite inferir que a presença de plantas, como nas tipologias BRA, LEG e GOR, leva a valores superiores, certamente associados à presença de vias preferenciais de infiltração em decorrência da ação do sistema radicular.

Por outro lado, o crescimento de crostas microfíticas, sejam CBIO, MUSGOS ou LIQUENS, aparece associado com os menores valores na condutividade hidráulica. Assim, a condutividade hidráulica não parece refletir apenas aspectos da composição textural (Quadros 20 e 21), mas a própria natureza da cobertura. Os baixos valores encontrados para essa característica nas tipologias CBIO, MUSGOS e LIQUENS podem ser atribuídos à certa hidrofobicidade da matéria orgânica produzida por plantas inferiores.

As crostas microfíticas apresentam um papel importante no processo de agregação do solo devido ao invólucro das partículas do solo formado pelos filamentos e cimentantes orgânicos dos microrganismos (PEREZ, 1997). Dessa forma, seria de esperar um aumento no processo de infiltração.

Entretanto, os resultados dos trabalhos quanto à influência das crostas microfíticas na infiltração são variados. A influência depende do tipo de solo, grau de desenvolvimento e tipo de organismos presentes na crosta (algas, líquens, musgos), clima, histórico da degradação da área e da umidade inicial da crosta quando se inicia a chuva. Dependendo da situação, a influência pode ser positiva, negativa ou neutra (LEONARD et al., 1995; WEST, 1990).

O selo hidrofóbico anteriormente citado é mais verificado em solos de textura mais fina. Em solos arenosos, há maior presença de espaços remanescentes, que favorecem a infiltração da água (Williams, 1993, citado por LEONARD, 1995).

O que parece mais consensual é o aumento da infiltração e a manutenção da umidade devido à maior rugosidade da superfície do solo, promovidos pelas crostas (KALTENECKER e HOWARD, 1994).

4.8.3. Caracterização micromorfológica

As observações micropedológicas foram resumidas no Quadro 22 e as imagens gerais e detalhadas das tipologias são ilustradas nas Figuras 12 a 17.

Com relação a microestrutura desenvolvida abaixo das crostas, foram observadas situações de estrutura fraca a granular. Nos saprolitos apédicos (com ausência de estrutura) foi observada presença destacada de biotita muito alterada (Quadro 22).

O desenvolvimento de estrutura foi observado principalmente nas tipologias BRA e GOR e na presença de CMICR.

Nas tipologias BRA e GOR as raízes das plantas desempenham (semelhante ao que é desenvolvido pelas crostas microfíticas) um papel importante na estruturação do solo, sendo observada a presença de agregados bem arredondados (Figuras 12 e 13). Esse comportamento é típico de ambientes colonizados por gramíneas, pois estas possuem um sistema radicular fasciculado e abundante, que também atua como uma trama, que segura os agregados do solo, tornando-os mais resistentes à ação do impacto da gota da chuva e ao transporte pela enxurrada. Além disso, os exsudatos orgânicos, oriundos das raízes, são constituídos de açúcares, compostos aminados, ácidos orgânicos, ácidos graxos esteróis, entre outros compostos que podem atuar diretamente na cimentação das partículas sólidas (SILVA, 1993b).

Quadro 22. Características micropedológicas das tipologias braquiária (BRA), leguminosas (LEG), capim-gordura (GOR), espécies invasoras (INV), biomanta (BIOM), resíduos em decomposição (RES), crostas microfíticas (CMICR), crosta física (CFIS), solo exposto (SOLEX) e erosão (ERO)

Tipologia	Aspectos gerais	Feições biológicas	Microestrutura/grãos
BRA	Solo estruturado de cor bruno escura.	Ausência de microrganismos; presença de restos de material vegetal.	Agregados bem arredondados em superfície, alta porosidade, em subsuperfície de saprolito bem maciço.
LEG	Solo compacto, de cor vermelha; possui muita biotita alterada.	Material vegetal incorporado mais em profundidade, deixando a biotita com aparência mais solta.	Estrutura fraca ou maciça; presença de alguns agregados escurecidos devido à matéria orgânica.
GOR	Solo estruturado, de cor alaranjada.	Ausência de microrganismos; presença de restos de material vegetal.	Estrutura granular desenvolvida; agregados arredondados em superfície, alta porosidade, em subsuperfície de saprolito bem maciço.
BIOM	Solo compacto, de cor vermelha, com muita biotita alterada.	Sem colonização de microrganismos; presença de restos da biomanta na superfície.	Estrutura fraca na superfície, boa porosidade; em subsuperfície de saprolito rico em biotita.
RES	Solo compacto, de cor amarelada, com muita biotita alterada.	Ausência de microrganismos; presença de restos de folhas.	Estrutura fraca; rico em matéria orgânica em decomposição.
CBIO	Solo estruturado, de cor alaranjada, com crosta microfítica estável; o contato entre a crosta e o saprolito é abrupto.	Presença de um tapete algal e polissacarídeos associados, hifas em pequenas quantidades e restos de materiais vegetais.	Estrutura granular bem desenvolvida.
MUSGO	Solo compacto, de cor vermelha, com material estruturado delgado; restos difusos de briófitas; talos de líquens na superfície.	Algumas briófitas inteiras, outras cortadas pelo processo de polimento da lâmina.	Material agregado e humificado até 2 mm abaixo; saprolito típico.

Continua...

Quadro 22, Cont.

Tipologia	Aspectos gerais	Feições biológicas	Microestrutura/grãos
LIQUEN	Solo estruturado de cor vermelha; alteração profunda, encrostamento biológico, microrrelevo superficial, agregação, feições de microerosão, bolsões de pedoperturbação, penetração biológica ao longo dos planos de bandeamento.	Tapete algal até 1 cm de espessura, heterogêneo, cianobactérias e algas verdes; talos de líquens, canais de raízes e restos humificados.	Microagregação biológica bem arredondada, grumos e agregados menores, saprolito abaixo de 1 cm com estrutura maciça.
CFIS	Rocha de natureza mais máfica (cor bruna), influenciada por anfíbolito; plasma bem homogêneo, ocorre alteração de anfíbolito com ferruginação bem vermelha; presença de briófitas enterradas sob selamento físico.	Presença de líquens em uma fase inicial; em alguns pontos parece haver o soterramento de crosta.	Estrutura granular nos locais de ocorrência de briófitas, em subsuperfície estrutura maciça.
SOLEX	Solo compacto, de cor vermelha; presença de crosta em fase bem inicial.	Poucas algas e restos enterrados lignificados de material vegetal.	Fraca estruturação.
ERO	Solo compacto, de cor alaranjada; crosta estrutural, com descolamento; grãos do esqueleto de anfíbólios e feldspatos.	Líquens crustosos descontínuos até 2 mm de espessura; cimentação por mucopolissacarídeos de forma descontínua, presença de algas.	Estrutura maciça, fissural; grãos alterados de K-feldspato e anfíbólios.

Na tipologia LEG, o efeito de estruturação não é pronunciado (Figura 12). Foi observada a presença de alguns agregados arredondados com coloração escurecida, que se deve à incorporação da matéria orgânica. No entanto, observa-se alta contribuição de restos de materiais vegetais pouco decompostos, misturados.

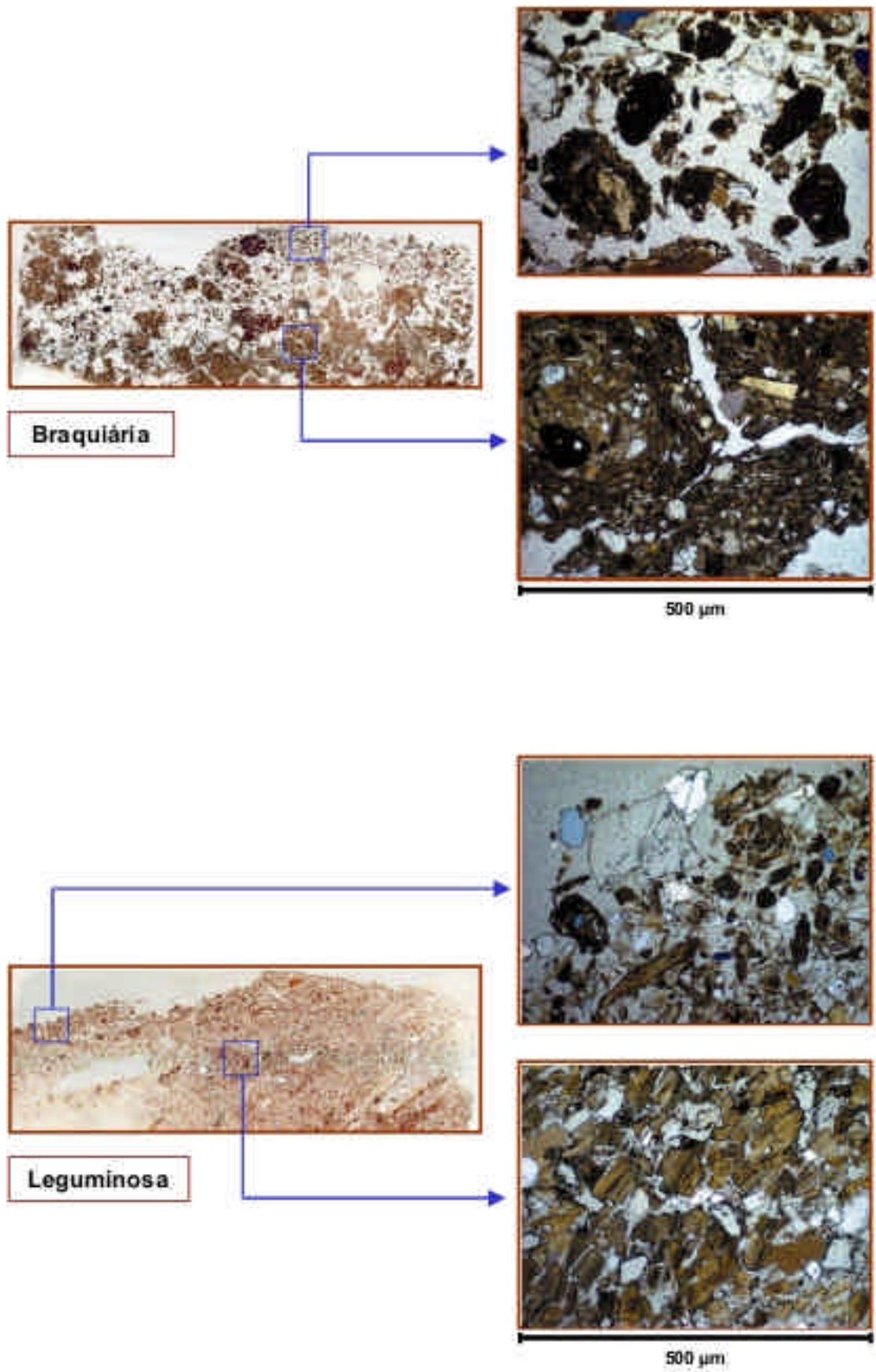


Figura 12. Imagens gerais e detalhadas das tipologias braquiária e leguminosas.

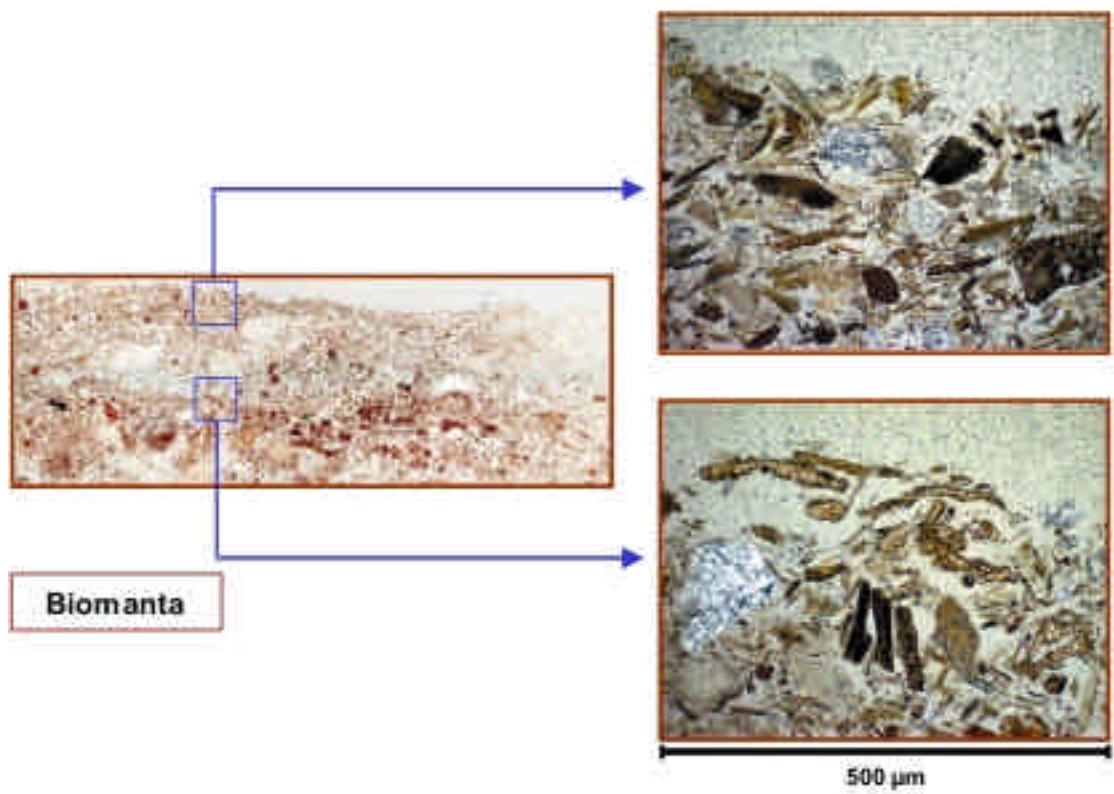
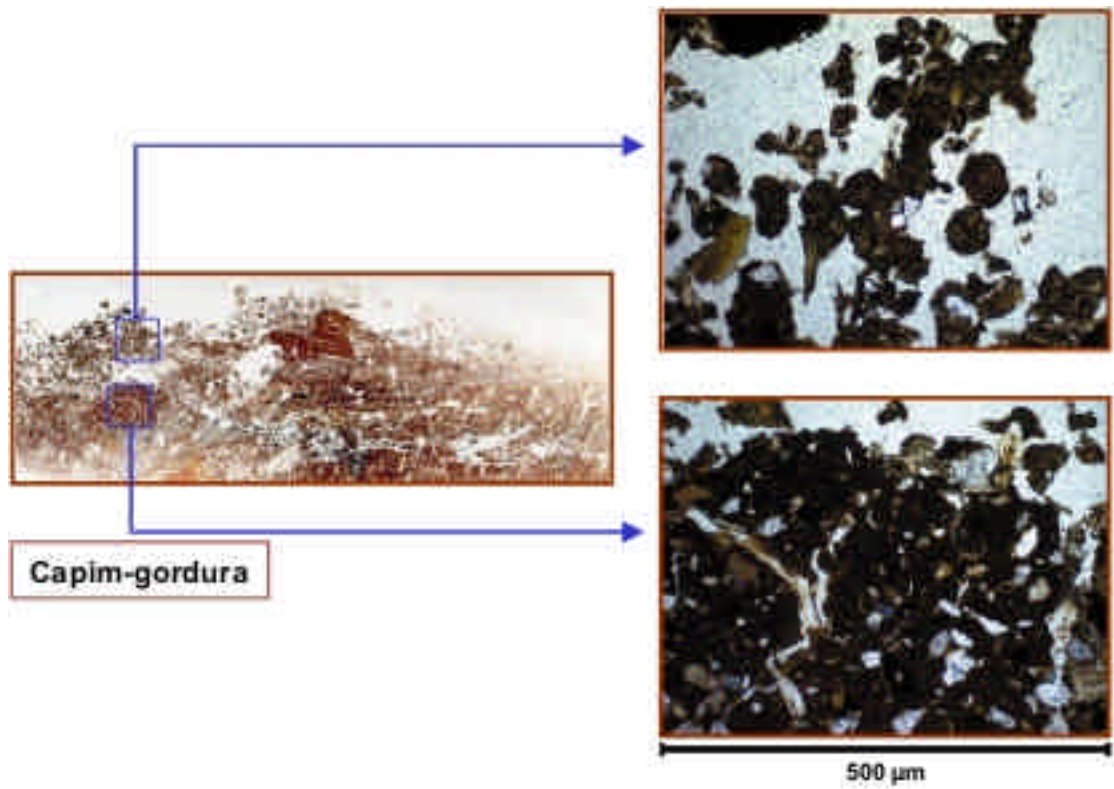


Figura 13. Imagens gerais e detalhadas das tipologias capim-gordura e biomanta.

As leguminosas são reconhecidas como eficientes restauradoras da fertilidade dos solos, visto que promove a produção de grande quantidade de massa verde, concorrendo expressivamente para maior agregação de partículas, aumento da capacidade de retenção de água do solo e outros fatores físicos, além da proteção como cobertura, diminuindo perdas por erosão (BONI et al., 1994).

Um fato observado em algumas lâminas analisadas foi o desenvolvimento de crosta em fase bem inicial na superfície do solo e, em subsuperfície, a presença de crosta em estágio mais avançado, o que, provavelmente, indica um efeito de soterramento. Esse fato reforça a hipótese levantada na análise de competição entre tipologias (item 4.6), mostrando a disseminação da erosão na área. Na ocasião foram observados dados não-coerentes que ilustram essa dinâmica, pois no levantamento de agosto de 2002 foram registradas crostas microfíticas e, no de abril de 2003, foi registrado solo exposto ou presença de selamento (CFIS).

Um exemplo é ilustrado na Figura 16, em que a denominação adotada para a tipologia no levantamento de campo foi CFIS, enquanto na observação micromorfológica evidenciou-se a presença de crosta microfítica. Nessa situação é observada a presença de briófitas e o desenvolvimento de uma microestrutura granular nesses locais. A observação visual no campo mostrava uma superfície com selamento superficial.

De forma similar ao ocorrido para CFIS, a análise micromorfológica das amostras da tipologia ERO revelou a presença de crostas microfíticas em fase inicial de colonização, apresentando-se em uma fina camada na superfície do solo (Figura 17). É observada a presença de líquens crustosos de forma incipiente e descontínua, formando uma capa oxidada de aproximadamente 2 mm.

Nas tipologias contendo espécies vegetais (BRA, LEG e GOR) e restos vegetais em decomposição (RES e BIOM) não houve a colonização de crostas microfíticas (Figuras 12, 13 e 14).

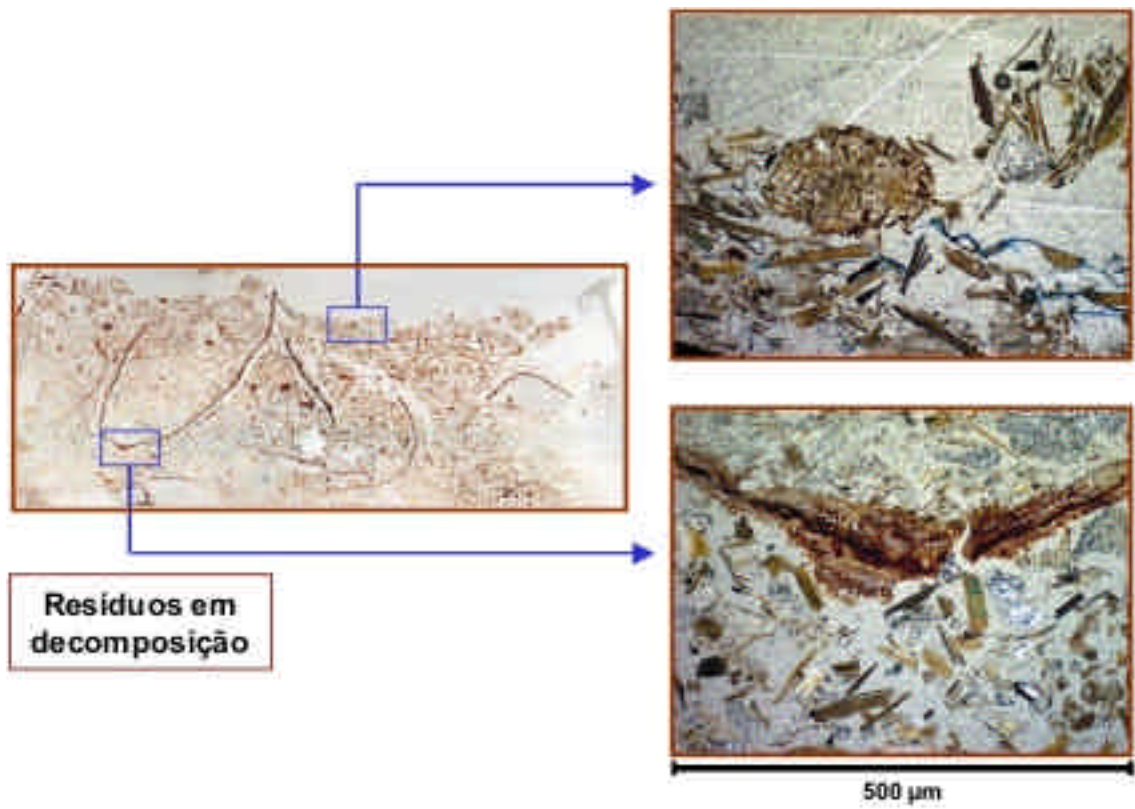


Figura 14. Imagens gerais e detalhadas das tipologias resíduos em decomposição e crosta biológica.

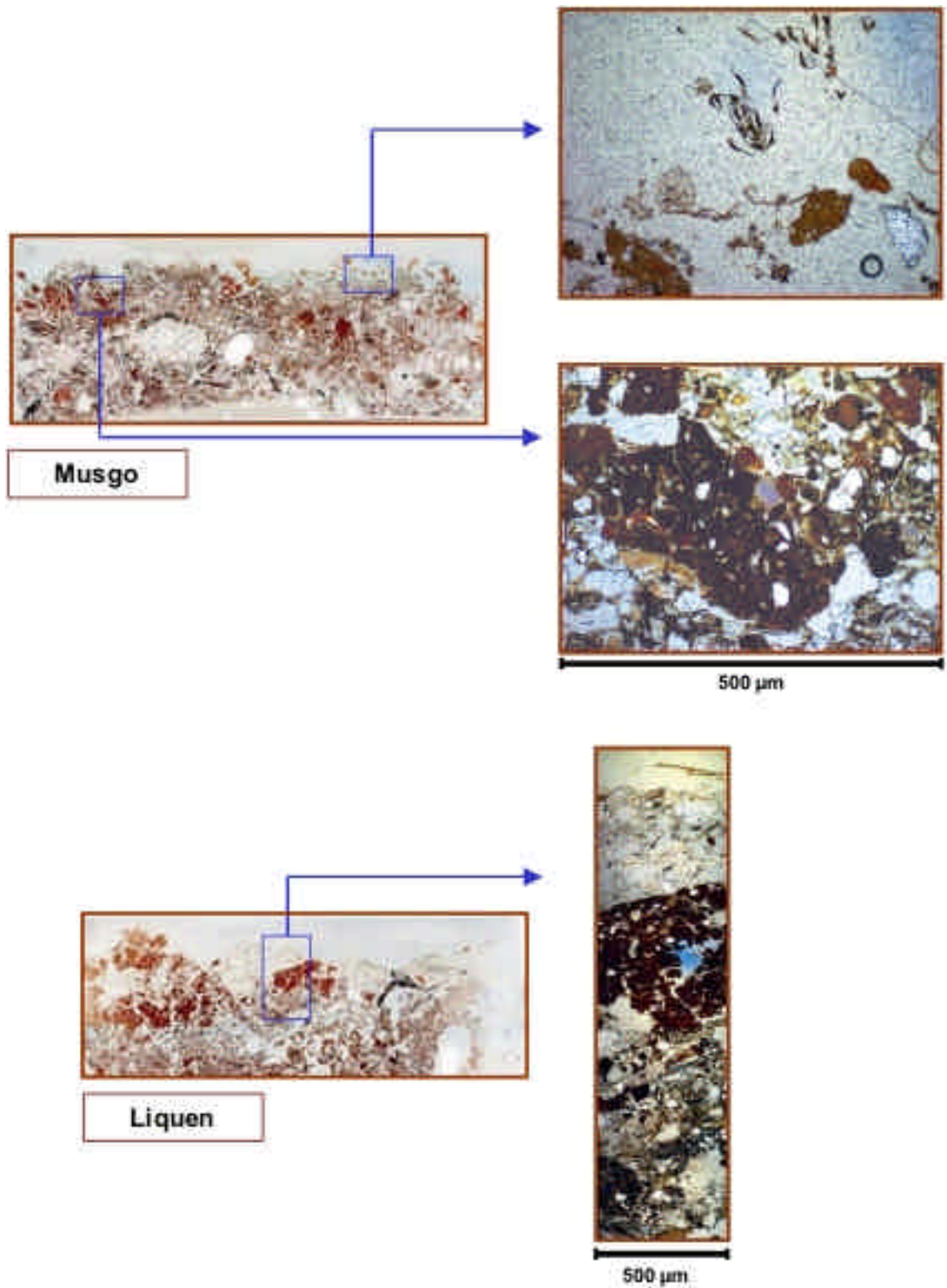


Figura 15. Imagens gerais e detalhadas das tipologias musgo e liquen.

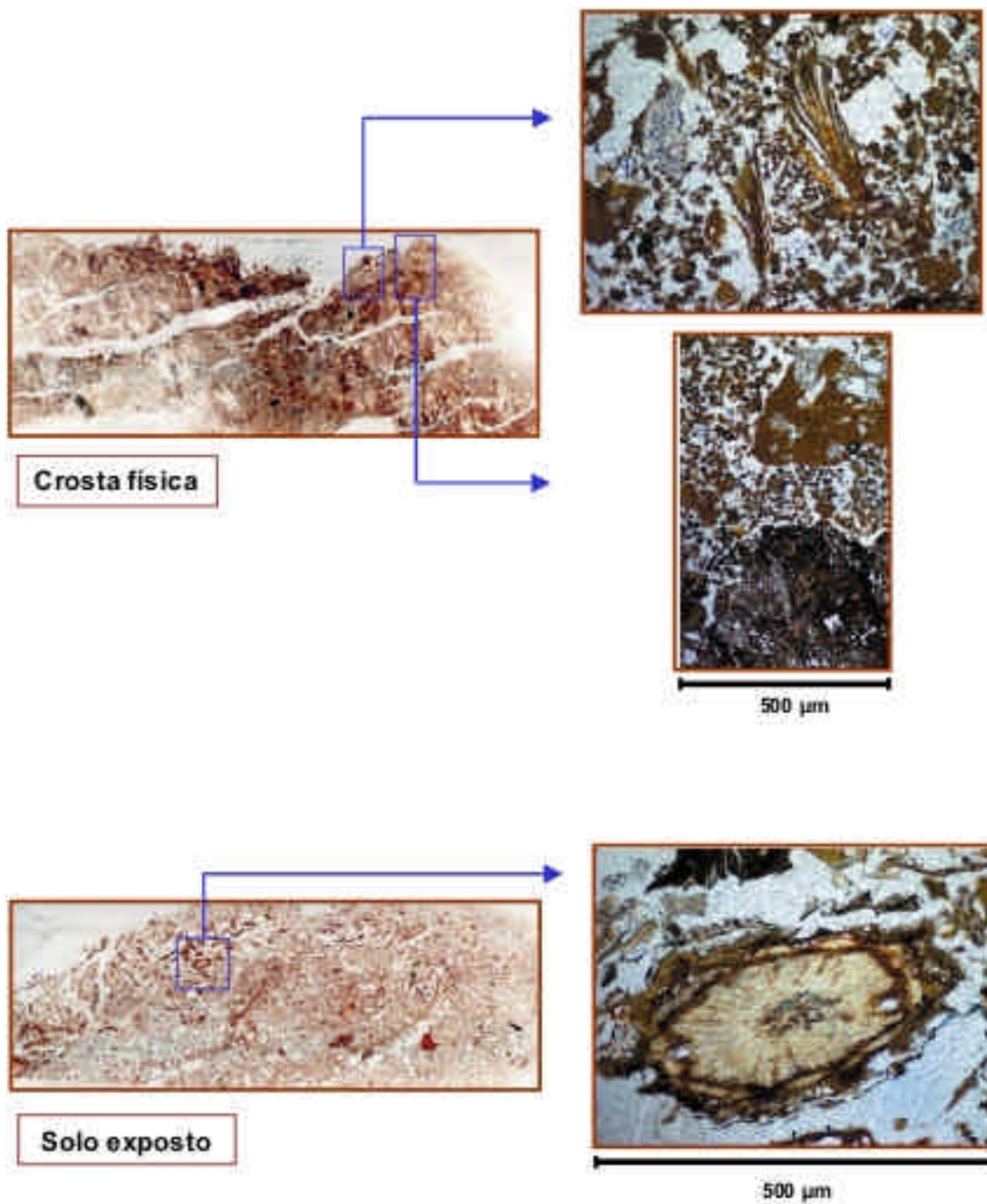


Figura 16. Imagens gerais e detalhadas das tipologias crosta física e solo exposto.

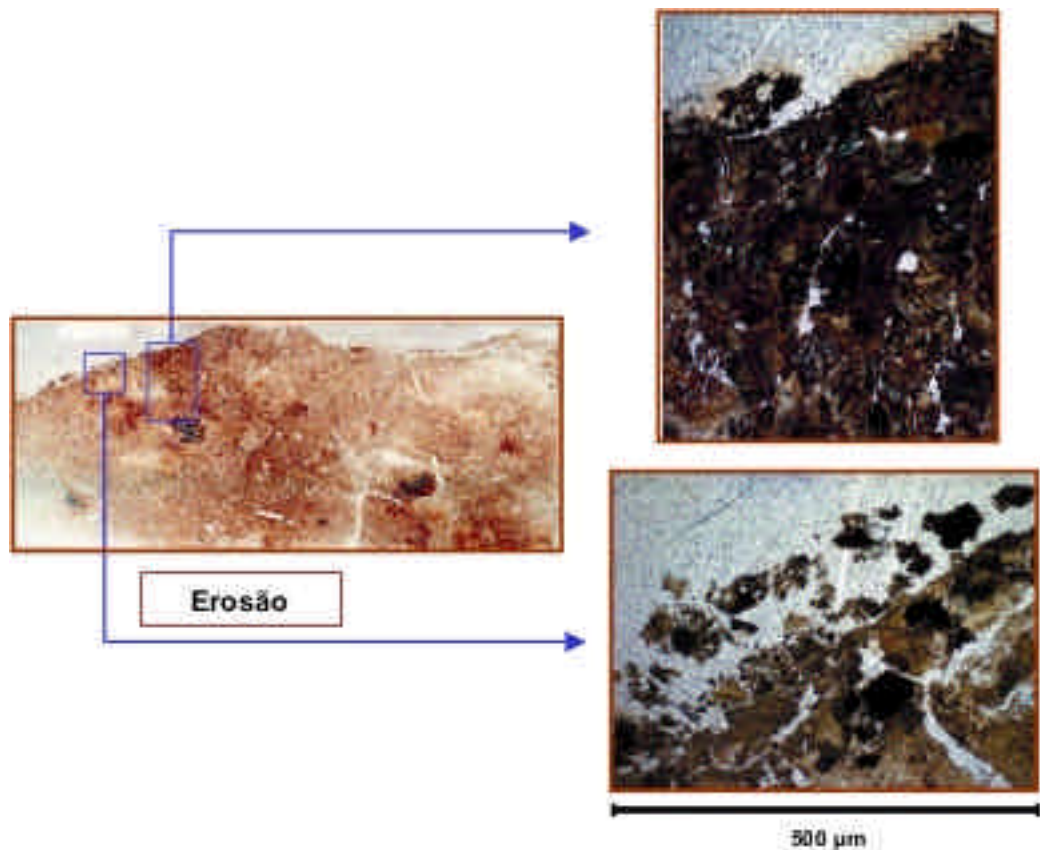


Figura 17. Imagens gerais e detalhadas da tipologia erosão.

Alguns organismos da crosta, como as algas fotoautotróficas e as cianobactérias, sintetizam metabólitos essenciais a partir do CO_2 atmosférico na presença de luz solar, além de fixação de nitrogênio nas últimas.

Nessas tipologias, o efeito de cobertura desenvolvido pelas plantas ou pelos resíduos orgânicos, talvez esteja inibindo a colonização desses microrganismos.

4.9. Índice de priorização dos consórcios vegetais em agosto de 2002 e em abril de 2003

De forma idêntica ao cálculo realizado no levantamento de junho de 1999, o índice de cada consórcio foi dado pelo somatório do produto das freqüências e os valores de ocorrência de cada tipologia. Vale ressaltar que os dados relativos à ocorrência das tipologias foram transformados em proporções, dividindo as percentagens apresentadas nos Quadros 10 e 12 por 100.

A frequência para as tipologias LEG, BRA, CMICR, INV, GOR, BIOM, RES, CFIS, SOLEX e ERO diminuíram, nessa ordem, de 10 até 1 (Quadro 3). Os critérios adotados para a hierarquização das tipologias levaram em consideração sua contribuição na recuperação de um talude degradado.

Assim, logo após a abertura do talude, a revegetação do solo é primordial. Considerando as tipologias relacionadas com espécies vegetais, BRA, LEG, GOR e INV, as leguminosas foi atribuído o maior peso. Para isso, levou-se em consideração que, na fase inicial, essas espécies apresentam características favoráveis, como elevada e rápida cobertura do solo e alta produção de material vegetal (parte aérea e raízes). Logo imediatamente, listou-se a braquiária, com características iniciais pouco menos favoráveis que as indicadas para as leguminosas.

Indicaram-se, seguidamente, as crostas microfíticas, pelo seu papel pioneiro na colonização de áreas descobertas, propiciando a ocupação posterior por espécies vegetais. Às CMICR seguiram as invasoras, INV e GOR. A frequência de INV superou a de GOR, em razão da maior diversidade de espécies que contempla. Por outro lado, o capim-gordura possui características que podem dificultar a dinâmica vegetal, impedindo o crescimento de espécies mais adequadas ao processo de revegetação dos taludes.

O material orgânico em decomposição, BIO e RES, também foi citado, considerando-se que, como o nome indica, a expectativa é de permanência transitória no sistema. A biomanta teve precedência, por ser diretamente fixada no solo no momento de execução das obras para a contenção dos taludes. Em terrenos com declividades acentuadas, como a do talude utilizado no ensaio, os RESs, mais soltos, teriam maiores chances de ser removidos do sistema.

O solo descoberto é totalmente indesejável na contenção de encostas, porém sua presença é praticamente inevitável. Assim, das três situações levantadas, colocaram-se, em ordem decrescente, CFIS, SOLEX e ERO. Considerou-se que a crosta física, com o decorrente selamento da superfície do solo, conferiria certa proteção ao arraste de partículas. Ademais, a degradação do SOLEX não seria tão acentuada como a do ERO.

Após o cálculo do índice para cada tratamento, nos dois levantamentos (agosto de 2002 e abril de 2003) eles foram analisados estatisticamente e não diferiram entre si pelo teste de Scott-Knott, a 20% de probabilidade (Quadro 23); isso, porém, não inviabiliza a utilização do índice. Deve-se considerar que diferenças estatisticamente significativas a, por exemplo, 50% indicam resposta em metade das situações analisadas. Como o custo de instalação é semelhante, não haveria razões para indicar que todos os tratamentos são iguais em locais que apresentam elevada variabilidade, como o aqui estudado.

O Quadro 23 mostra que os índices calculados em agosto de 2002 foram, no conjunto, inferiores àqueles de abril de 2003. A estação chuvosa levou ao crescimento das espécies vegetais e da crosta microfítica, com maior peso no índice. Por outro lado, no levantamento de agosto de 2002, a amplitude entre os índices foi de 0,75 e, em abril de 2003, de 1,29. Isso indicaria maior sensibilidade do índice calculado após a estação chuvosa.

Da comparação periódica de índices originados pelas mesmas variáveis, para a mesma época, pode inferir-se a evolução do processo de revegetação de taludes. Índices crescentes indicariam ampliação de condições favoráveis à contenção das encostas. Índices decrescentes, pelo contrário, indicariam o incremento dos fatores adversos. Nesse caso, poderia ser contemplada a necessidade de eventual plantio de manutenção.

A fim de padronizar os índices calculados nas três épocas, aos valores máximos de junho de 1999 (6,20 - Quadro 7), de agosto de 2002 (6,06 - Quadro 23) e de abril de 2003 (7,07 - Quadro 23) foram atribuídos o valor 10, calculando-se o restante de forma proporcional. Os valores resultantes e a soma dos índices nos três levantamentos são apresentados no Quadro 24.

A amplitude calculada para os índices de priorização padronizados mostra que as maiores diferenças, entre os consórcios testados, ocorreram no período imediatamente após a instalação do ensaio (Quadro 24). Isso sugere que nesse período estaria localizada a fase mais crítica no processo de contenção de encostas, o que pode ser comprovado com os consórcios que incluíram o lab lab. Essa leguminosa saiu do sistema antes dos seis meses do levantamento inicial (junho de 1999) e apresentou os menores valores, com reflexo no índice total padronizado (Quadro 24).

Quadro 23. Índice de priorização de consórcios vegetais calculados para os levantamentos de agosto de 2002 e abril de 2003

Braquiária	Leguminosa	Índice de priorização ^{1/}
	Agosto de 2002	
B. brizanta	Mucuna-preta	6,06
B. brizanta	Feijão-guandu	5,91
B. brizanta	Lab lab	5,83
B. decumbens	Feijão-guandu	5,68
B. decumbens	Lab lab	5,62
B. ruziziensis	Mucuna-preta	5,61
B. decumbens	Mucuna-preta	5,46
B. ruziziensis	Lab lab	5,40
B. ruziziensis	Feijão-guandu	5,31
	Abril de 2003	
B. brizanta	Feijão-guandu	7,07
B. decumbens	Mucuna-preta	6,81
B. brizanta	Mucuna-preta	6,75
B. brizanta	Lab lab	6,35
B. ruziziensis	Mucuna-preta	6,33
B. decumbens	Lab lab	6,28
B. ruziziensis	Lab lab	6,21
B. decumbens	Feijão-guandu	6,13
B. ruziziensis	Feijão-guandu	5,78

^{1/} Valores semelhantes pelo teste de Scott-Knott a 20%.

Quadro 24. Índices de priorização padronizados de consórcios vegetais calculados para os levantamentos de junho de 1999, agosto de 2002 e abril de 2003

Braquiária	Leguminosa	06/1999	08/2002	04/2003	Soma
B. brizanta	Mucuna-preta	9,13	10,00	9,55	28,68
B. ruziziensis	Mucuna-preta	10,00	9,26	8,95	28,21
B. decumbens	Mucuna-preta	8,69	9,01	9,63	27,33
B. decumbens	Feijão-guandu	9,27	9,37	8,67	27,31
B. brizanta	Feijão-guandu	6,74	9,75	10,00	26,49
B. ruziziensis	Feijão-guandu	9,13	8,76	8,18	26,07
B. brizanta	Lab lab	5,58	9,62	8,98	24,18
B. ruziziensis	Lab lab	5,02	8,91	8,78	22,71
B. decumbens	Lab lab	4,39	9,27	8,82	22,48
	Amplitude	5,61	1,24	1,82	6,20

Os resultados do Quadro 24 mostram, também, a importância de utilização do índice que, nesse ensaio de longa duração, permitiu apontar a mucuna-preta como a leguminosa mais apropriada ao processo de revegetação, entre as três testadas. O feijão-guandu apresentou comportamento intermediário.

As características semelhantes de crescimento das braquiárias permitem apontar respostas alternativas, dependendo da leguminosa associada. Assim, a braquiária brizanta é mais adequada à associação com a mucuna-preta, e a braquiária decumbens, quando em consórcio com o feijão-guandu (Quadro 24).

Os resultados dos levantamentos realizados em junho de 1999, agosto de 2002 e abril de 2003 permitem indicar a mucuna-preta como a leguminosa mais apropriada e, em consórcio, a associação com a braquiária brizanta como a mais efetiva.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

O trabalho foi realizado com o objetivo de monitorar características associadas à contenção vegetativa e, em longo prazo, o surgimento de novas formas de cobertura ou exposição do solo em resposta à revegetação com gramíneas e leguminosas em talude rodoviário de declividade acentuada.

Para a realização do estudo foi escolhido um talude de corte gerado por ocasião da pavimentação da BR-482, no subtrecho entre Viçosa e Araponga, MG. Os quatro blocos do experimento foram distribuídos em duas faces desse talude, com 75° de inclinação. Os tratamentos, no esquema 1 + 3², consistiram de uma testemunha e nove combinações de uma gramínea (*Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens* ou *Brachiaria ruziziensis*) e uma leguminosa [mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum*), feijão-guandu (*Cajanus cajan*) ou lab lab (*Dolichos lab lab*)]. As parcelas de 9 m² (3 x 3 m) foram coveadas. Nelas aplicou-se, a lanço, uma mistura de 63 g de 8-28-16, 225 g de calcário dolomítico e 5 L de esterco bovino, acrescida da mistura de sementes correspondente a cada tratamento. Após a distribuição da mistura, as parcelas foram cobertas por tela ARP-430, uma biomanta resultante do entrelaçamento de fibras vegetais.

Afim de avaliar a contribuição de cada mistura para revegetação do talude em estudo, foi feito acompanhamento periódico na área. Seis meses após a instalação do ensaio, em junho de 1999, determinou-se a

percentagem de cobertura vegetal e a produção de matéria seca da parte aérea de gramíneas, da parte aérea de leguminosas e de raízes de gramíneas e leguminosas.

No quarto ano de implantação do ensaio foram observadas, nas parcelas experimentais, novas formas de cobertura ou exposição do solo, as quais foram denominadas tipologias. Em acréscimo às braquiárias e leguminosas originais, verificou-se a presença de capim-gordura, outras espécies invasoras, biomanta, resíduos em decomposição, crosta microfítica, crosta física, solo exposto, solo erodido e rocha.

No intuito de quantificar essas tipologias, foram realizados dois levantamentos na área, sendo o primeiro em agosto de 2002 (antes do período chuvoso) e o segundo em abril de 2003 (após as chuvas). De posse dessas informações, foram confeccionados mapas de cobertura para cada parcela experimental e analisadas a dinâmica, a distribuição espacial, a frequência e a competição entre as tipologias encontradas nos dois levantamentos. O solo associado às tipologias foi caracterizado química, física e micromorfológicamente.

Para a seleção dos melhores tratamentos em cada um dos três levantamentos - junho de 1999, agosto de 2002 e abril de 2003 - foi desenvolvido um índice de priorização que considerou simultaneamente o conjunto das características analisadas experimentalmente. Para escolher os tratamentos mais apropriados, os três índices foram somados após padronização, que consistiu em atribuir nota 10 ao valor máximo de cada levantamento. Os valores restantes foram calculados de forma proporcional.

Decorridos cinco anos da implantação do experimento, pode-se concluir que:

- Das 11 tipologias encontradas, as espécies vegetais (braquiária, leguminosa e invasoras) e as crostas microfíticas foram as mais importantes na contenção do talude estudado.
- As leguminosas foram importantes na implantação do experimento, com relação à cobertura vegetal, mas não apresentaram efeito prolongado dessa característica. Sua contribuição baseia-se, ao longo do tempo, na incorporação de resíduos orgânicos.

- As crostas microfíticas foram de grande importância no estágio primário da sucessão ecológica, resultando na estabilização e recuperação das superfícies degradadas, favorecendo a instalação de plantas invasoras.
- A variação sazonal entre os levantamentos de 2003 e 2004, marcada pelo período chuvoso, apresentou uma diminuição da erosão e solo exposto, pelo incremento da cobertura vegetal e das crostas microfíticas.

Da análise do índice conjunto padronizado, pode concluir-se que:

- A mucuna-preta foi a leguminosa mais apropriada no processo de revegetação, entre as três testadas. O feijão-guandu apresentou comportamento intermediário e o lab lab foi a menos indicada.
- As características semelhantes de crescimento das braquiárias permitiram apontar respostas alternativas, dependendo da leguminosa associada. Assim, a braquiária brizanta foi mais adequada para associação com a mucuna-preta, e a braquiária decumbens, quando em consórcio com o feijão-guandu.
- Em consórcio, a associação da mucuna-preta com a braquiária brizanta foi a mais efetiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, W.A.P.; MELLO, J.W.V. Fundamentos de pedologia e geologia de interesse no processo de recuperação de uma área degradada. In: DIAS, L.E.; MELLO, J.W.V. (ed). **Recuperação de Áreas Degradadas**. Viçosa, MG: UFV, 1998. p.15-26.

BARTH, R.C. **Avaliação da recuperação de áreas mineradas no Brasil**. Viçosa:MG: Sociedade de Investigações florestais, Departamento de Engenharia Florestal/UFV, Instituto Brasileiro de Mineração- IBRAM, Comissão Técnica de Meio ambiente, 1989. 41p. (Boletim técnico, 1).

BERTOL, I.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Cobertura morta e métodos de preparo do solo na erosão hídrica em solo com encrostamento superficial. **R. Bra. Ci. Solo**, n.13, p.373-379, 1989.

BONI, N.R.; ESPINDOLA, W.M.; GUIMARÃES, E.C. Uso de leguminosas na recuperação de solo decapitado. In: RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1: SIMPÓSIO NACIONAL, 2., Curitiba, 1994. **Anais...** Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais-FUPEF, 1994. p. 563- 568.

BOOTH, W.E. Algae as pioneers in plant succession and their importance in erosion control. **Ecology**, n.22, p.38-46, 1941.

BREMNER, J.M. Nitrogen-Total. In: D.L. SPARKS (ed.) **Methods of soil analysis**. Part 3 – Chemical Methods. Madison: American Society of Agronomy, 1996, p.1085-1121. (SSSA Book Series: 5)

CARVALHO, M.M.; CRUZ FILHO, A.B. Estabelecimento de pastagens cultivadas em áreas de campo. In: CARVALHO, M.M.; EVANGELISTA, A.R.; CURI, N. (Ed.). **Desenvolvimento de pastagens na Zona fisiográfica campos das vertentes, MG**. Coronel Pacheco: EMBRAPA-CNPGL, 1994. p.87-100.

CASTRO, S.S. Impregnação de amostras de solo para confecção de lamina delgada. **Bol. Inf. Soc. Bras. Ci. Solo**, n.2, p.44, 1985.

COSTA, M.M.; EINLOFT, R.; SOUZA, M.M.; GRIFFITH, J.J. Revegetação de taludes usando sacos de aniagem – Metodologia de implantação e análise ergonômica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3, Ouro Preto, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV/DPS/DEF, 1997. p.355-366.

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

CURI, N.; LARACH, J.O.I.; KAMPF, N.; MONIZ, A.C.; FONTES, L.E.F. **Vocabulário de ciência do solo**. Campinas, SP: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 1993. 90p.

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

EINLOFT, R. **Crescimento de gramíneas e leguminosas em substrato rico em manganês proveniente de área de empréstimo**. Viçosa, MG: UFV, 1996, 74f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)- Universidade Federal de Viçosa, 1996.

EINLOFT, R.; GRIFFITH, J.J.; RUIZ, H.A. Índice de priorização de gramíneas e leguminosas para revegetação de área de empréstimo. **R. Árvore**, n.23, p.213-221, 1999.

EINLOFT, R.; OZORIO, T.F.; SILVA JUNIOR, W.M. Técnicas de revegetação para recuperação de áreas degradadas. **Ação Ambiental**, n.10, p.19-20, 2000.

ELOI, C.M.A. **Enquadramento das “Zonas de Vida” de Holdridge na classificação climática de Minas Gerais**. Viçosa, MG:UFV, 2001. 126f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA- CNPS, 1997. 212p.

FARIA, J. C. **Dinâmica da água, comportamento térmico e selamento de um podzólico vermelho-amarelo, em relação ao controle de plantas invasoras**. Viçosa, MG:UFV, 1996. 104f.. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1996.

FARIAS, C.A. **Dinâmica de revegetação natural de voçorocas na região de Cachoeira do Campo-MG**. Viçosa, MG:UFV, 1992. 63f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 1992.

FERREIRA, P.A. **Drenagem de terras agrícolas**. Universidade Federal de Viçosa. 2001. 215p. (Material de aula)

FITZPATRICK, E.A. **Soil microscopy and micromorphology**. Chichester: John Wiley, 1993. 304p.

FLETCHER, J.E.; MARTIN, W.P. Some effects of algae and molds in the raincrusts of desert soils. **Ecology**, n.29, p.95-100, 1948.

FULLEN, M.A. Effects of grass ley set-aside on runoff, erosion and organic matter levels in sandy soils in east Shropshire, UK. **Soil Till. Res.**, n.46, p.42-49, 1998.

GLEISSMAN, S.R.; MULLER, C.H. The allelopathic mechanisms of dominance in bracken (*Pteridium aquilinum*) in southern California. **J. Chem. Ecol.**, n.4, p.337-362, 1978.

GRAETZ, R.D.; TONGWAY, D.J. Influence of grazing management on vegetation, soil, structure and nutrient distribution and the infiltration of applied rainfall in a semi-arid chenopod shrubland. **Austr. J. Ecol.**, n.11, p.347-360, 1986.

GRIFFITH, J.J.; DIAS, L.E.; JUCKSCH, I. Novas estratégias ecológicas para a revegetação de áreas mineradas no Brasil. In: RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. SIMPÓSIO SUL - AMERICANO, 1: SIMPÓSIO NACIONAL, 2, 1994, Curitiba, PR. **Anais...** Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais - FUPEF, 1994. p.31-43.

HILLEL, D. **Applications of soil physics**. New York: Academic Press., 1980. 385p.

JEFFRIES, D.L.; KLOPATEK, J.M.; LINK, S.O.; BOLTON, H. Acetilene reduction of cryptogamic crust from a blackbrush community as related to restoration/dehydration. **Soil Biol. Biochem.**, n.24, p.1101-1105, 1992.

KALTENECKER, J.; WIICKLOW-HOWARD, M. **Microbiotic soil crust in sagebrush habitats of southern Idaho**. Boise, Idaho: Boise State University, 1994. 51p.

KOLB, S.R. **Islands of secondary vegetation in degraded pastures of Brazil: their role in reestablishing Atlantic Coastal Forest**. Athens: University of Georgia. 1993. 127f.. Tese (Doutorado em Filosofia) University of Georgia, 1993.

LEMOS, P.; LUTZ, J.L. Soil crusting and some factors affecting it. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, n.21, p.485-491, 1957.

LEONARD, S.G.; ROSENRETER, R.; KARL, M.G. **Microbiotic crusts: ecological roles and implications for rangeland management in the interior Columbia Basin and portions of the Klamath and Great Basin**. 1995. 26p. Disponível em < WWW.icbemp.gov/science/leonard2.pdf > Acesso em 12 de Fevereiro de 2003.

MALAVOLTA, E. **O potássio e a planta**. Piracicaba: IPF, 56p. 1977.

MANTOVANI, W. **Análise florística e fitossociológica do estrato herbáceo subarbutivo do cerrado na Reserva Biológica de Mogi Guaçu e em Itirapina, SP**. Campinas, SP: UEC, 1987. 166f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade Estadual de Campinas, 1987.

McCLANAHAN, T.R. The effect of a seed source on primary succession in a forest ecosystem. **Vegetatio**, n.65, p.175-178, 1986.

MELO, V.A.; GRIFFITH, J.J.; MARCO JUNIOR, P.DE; SILVA, E.; SOUZA, A.L.; GUEDES, M.C.; OZORIO, T.F. Efeitos de poleiros artificiais na dispersão de sementes por aves. **R. Árvore**, n.24, p.235-240, 2000.

MELO, V.F.; SCHAEFER, C.E.G.R.; NOVAIS, R.F.; SINGH, B.; FONTES, M.P.F. Distribuição de potássio, magnésio e outros metais em minerais de sedimentos do grupo barreiras no Município de Aracruz, Estado do Espírito Santo. **R. Bras. Ci. Solo**, n.26, p.43-51, 2002.

MULGREW, A.; WILLIAMS, P. **Biomonitoring of air quality using plants**. Berlim: WHO collaborating centre of air quality management and air pollution control, 2000. 165p.

MURPHY, C.P. **Thin section preparation of soils and sediments**. A. B. Academic Publishers, Berkhamsted. 1986. 149p.

OKEKE, A.I.; OMAIKO, C.P.E. Leaf decomposition and carbon dioxide evolution for some agroforestry fallow species in southern Nigeria. **For. Ecol. Manag.**, n.50, p.103-116, 1992.

OLIVEIRA, M.L.O. **Camadas superficiais adensadas em resposta à radiação solar, temperatura e umidade do solo**. Viçosa, MG:UFV, 2000. 67f.. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 2000.

OLSZEWSKI, N.; BRAGA, A.P.; COSTA, L.M.; SILVA, H.R.F. Proposição de metodologia para avaliação de pastagens em propriedades rurais. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 12, Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza, CE: UFCeará/DCS, 1998. p.304-305.

OZÓRIO, T.F. **Avaliação da recuperação de taludes usando sacos de anagem em configuração de malha**. Viçosa, MG:UFV, 1997, 35f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.

PARZANESE, G.A.C. **Gênese e desenvolvimento de voçorocas em solos originados de rochas granitóides na região de Cachoeira do Campo, Minas Gerais**. Viçosa, MG: UFV, 1991. 117f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 1991.

PÉREZ, F.L. Microbiotic crusts in the high equatorial Andes, and their influence on paramo soils. **Catena**, n.31, p.173-198, 1997.

RESENDE, M. Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. **Inf. Agropec.** n.11, p.3-18, 1985.

RICE, E.L. **Allelopathy**. New York: Academic Press, 1984. 353p.

ROBINSON, D.A.; PHILLIPS, C.P. Crust development in relation to vegetation and agricultural practice on erosion susceptible, dispersive clay soils from central and southern Italy. **Soil Till. Res.**, n.60, p.1-9, 2001.

RÖMKENS, M.J.M.; PRASA, S.N.; PARLANGE, J.Y. Surface seal development in relation to rainstorm intensity. Soil Erosion – Experiments and Models. **Catena Supplement**, n.17, p.1-11, 1990.

RUIZ, H.A. **Métodos de análises físicas do solo**. Universidade Federal de Viçosa. 2003. 22p. (Material de aula)

SANTANA FILHO, S.; CARDOSO, I.M.; SANTOS, R.H.S. Levantamento florístico em Horizontes C de taludes de estradas da região de Viçosa-MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 25, 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 1995. p.1859-1861.

SCHULTEN, J.A. Soil aggregation by cryptogams of a sand prairie. **Amer. J. Bot.**, n.72, p.1657-1661, 1985.

SHIELDS, L.M.; DURRELL, L.W. Algae in relation to soil fertility. **Bot. Rev.**, n.30, p.92-123, 1964.

SILVA, A.L.O. Uso de sacos de aniagem para revegetação de taludes na Ferteco Mineração S.A. Viçosa, MG: Sociedade de Investigações Florestais, 1993a. 8f. (Informativo SIF, 1)

SILVA, I.F. **Formação, estabilidade e qualidade de agregação do solo afetados pelo uso agrícola**. Porto Alegre: UFRGS, 1993. 114f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia Porto Alegre, 1993b.

SINDEN, J.A.; WORRELL, A.C. **Unpriced values**. New York: John Wiley, 1979. 511p.

SLATERY, M.C.; BRYAN, R.B. laboratory experiments on surface seal development and its effect on surface seal erosion process. **J. Soil Sci.**, n.43, p.517-529, 1992.

SLATERY, M.C.; BRYAN, R.B. Surface seal development under simulated rainfall on an actively eroding surface. **Catena**, n.22, p.17-34, 1994.

SOARES, G.L.G.; VIEIRA, T.R.V.; Inibição da germinação e do crescimento radicular de alface (cv. "Grand Rapids") por extratos aquosos de cinco espécies de Gleicheniaceae. **Flor. Amb.**, n.7, p.180-197, 2000.

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

TRINDADE, E.S.; SCHAEFER, M.A.A.; ABRAHÃO, W.A.P.; MELLO, J.W.V.; CHAGAS, A.C. Crostas biológicas em saprolitos de gnaiss: ciclagem biogeoquímica, micromorfologia e ensaio de colonização. **R. Bras. Ci. Solo**, n.25, p.849-861, 2001.

TYLER, G. Uptake, retention, and toxicity of heavy metal in lichens. **Water, Air Soil Poll.**, n.47, p.321-333,1989.

USDA: United States Department of Agriculture. **Introduction to microbiotic crusts**. Washington: Secretary of Agriculture, 1997. 15p.

USDA: United States Department of Agriculture. **Physical and biological soil crusts**. Washington: Secretary of Agriculture, 2001. 2p.

WEST, N.E. Structure and function of soil microphytic crusts in wildland ecosystems of arid and semi-arid regions. **Adv. Ecol. Res.**, n.20, p.179-223, 1990.

WILLIAMS, J.D. **Microbiotic crusts: a review**. 1994. 58p. Disponível em <www.icebemp.gov/science/williams.pdf> Acesso em 6 de Maio de 2004.

WILLIAMS, R.B.G.; ROBINSON, D.A. Weathering flutes on siliceous rocks in Britain and Europe. In: WILLIAMS, R.B.G.; ROBINSON, D.A. (Eds). **Rock weathering and landform evolution**. Chichester: John Wiley, p. 413-432, 1994.

YEOMANS, J.C.; BREMMER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, n.19, p.1467-1476, 1988.

APÊNDICE

APÊNDICE A

Conteúdo do CD-ROM

1A- Mapeamento das tipologias encontradas nas parcelas experimentais, nos levantamentos de agosto de 2002 e abril de 2003. Arquivos: *Mapas dos Levantamentos 1.xls* e *Mapas dos Levantamentos 2.xls*.

2A- Dinâmica e competição entre as tipologias nos levantamentos de agosto de 2002 e abril de 2003. Arquivo: *Modelo da Análise de Dinâmica e Competição.xls*.

Este arquivo foi gerado utilizando a função condicional do software EXCEL, em que foram analisadas a dinâmica, a distribuição espacial, a frequência e a competição entre as tipologias encontradas nos dois levantamentos. O arquivo apresenta as fórmulas usadas na função condicional, assim como um modelo da análise realizada para uma parcela experimental.

Foram feitas as seguintes análises:

- 1ª análise: fornece a percentagem de alteração na parcela experimental no período entre agosto de 2002 e abril de 2003.
- 2ª análise: quantifica as tipologias na parcela em cada levantamento.
- 3ª análise: compara o segundo levantamento com o primeiro e verifica qual o destino de cada quadrícula quando analisada individualmente:
 - Ausente em ambos os levantamentos;
 - Presente somente no primeiro ou somente no segundo levantamento;
 - Estar presente em ambos os levantamentos.
- 4ª análise: determina a frequência de cada situação da análise anterior.
- 5ª análise: analisa qual a tipologia mais competitiva no processo de dinâmica das parcelas. Após a análise anterior, na situação em que a tipologia só ocorria no primeiro levantamento, foi verificada qual a tipologia responsável pela sua substituição.
- 6ª análise: determina a frequência de cada substituição.

APÊNDICE B

Quadro 1B – Características climáticas correspondentes ao período de agosto de 2002 a abril de 2003

Meses	Características			
	Precipitação	Evaporação	Temperatura	Umidade relativa
	----- mm -----	-----	° C	%
Agosto	0,1	104,6	19,4	69,6
Setembro	77,2	85,2	18,9	75,3
Outubro	29,5	145,1	22,0	68,1
Novembro	218,2	80,2	21,9	78,7
Dezembro	279,1	74,8	23,1	82,2
Janeiro	432,7	77,5	23,0	84,1
Fevereiro	27,9	99,0	23,7	73,7
Março	81,4	83,4	22,7	79,4
Abril	16,6	74,7	21,4	80,3

Quadro 2B – Análise de variância da proporção de cobertura vegetal, produção de matéria seca da parte aérea de braquiárias (B), de leguminosas (L) e total, produção de matéria seca de raízes e do índice de priorização dos consórcios vegetais no levantamento de junho de 1999

FV	GL	Quadrado médio					
		CV	B	L	Total	Raízes	Índice
Bloco	3	352,91	91220,69	149993,40	99039,66	101,97	0,89
Trat	8	416,30	39588,93	1077973,00	1080827,00	40,90	6,88
Resíduo	24	167,04	31618,50	244009,10	285239,10	21,25	1,48
CV (%)		18,99	58,73	83,90	59,91	49,67	25,99

Quadro 3B – Análise de variância da percentagem de braquiária (BRA), leguminosa (LEG), capim-gordura (GOR), espécies invasoras (INV), biomanta (BIOM), resíduos em decomposição (RES), crostas microbióticas (CMICR), crosta física (CFIS), solo exposto (SOLEX), erosão (ERO) e do índice de priorização dos consórcios vegetais nos levantamentos realizados em agosto de 2002 e abril de 2003

FV	GL	Quadrado médio										
		BRA	LEG	GOR	INV	BIOM	RES	CMICR	CFIS	SOLEX	ERO	Índice
Agosto de 2002												
Bloco	3	135,68	0,45	354,64	1,53	447,94	115,19	84,54	109,02	97,85	34,85	1,00
Trat	8	134,47	1,06	65,34	1,84	9,38	26,12	49,92	31,04	23,06	6,73	0,19
Resíduo	19	108,32	0,44	47,23	1,08	17,63	57,38	59,08	38,78	43,20	29,20	0,42
C.V. (%)		51,19	205,67	130,30	20,54	35,54	54,25	40,43	66,73	47,33	103,26	11,48
Abril de 2003												
Bloco	3	420,37	0,12	838,23	5,17	2,65	654,38	197,72	113,92	164,17	28,20	1,37
Trat	8	267,47	0,14	117,64	1,78	0,93	36,95	88,45	40,28	29,70	25,84	0,65
Resíduo	19	210,17	0,14	68,43	1,23	3,11	77,24	88,87	56,85	16,53	53,00	0,43
C.V. (%)		50,65	294,62	86,22	87,09	95,90	62,66	36,74	89,58	57,41	216,61	10,20
Dinamica												
Bloco	3	480,30	0,33	268,73	1,65	402,66	364,09	247,26	9,03	137,49	12,36	
Trat	8	127,82	0,58	53,97	0,69	7,84	11,03	75,86	43,14	11,66	8,34	
Resíduo	19	136,13	0,18	40,95	1,23	22,55	25,04	69,17	33,53	42,79	28,39	
C.V. (%)		140,69	-218,04	148,12	247,40	-47,59	7859,54	125,21	-632,26	-96,14	-283,61	