



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA – IG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGE
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO GEOGRAFIA E GESTÃO DO TERRITÓRIO
LINHA DE PESQUISA: ANÁLISE, PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**MEDIDAS FÍSICAS E BIOLÓGICAS COM POTENCIAL PARA USO EM
RECUPERAÇÃO DE VOÇOROCA NO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA-MG**

Uberlândia – MG

2010

ALCIONE HERMÍNIA DA SILVA

**MEDIDAS FÍSICAS E BIOLÓGICAS COM POTENCIAL PARA USO EM
RECUPERAÇÃO DE VOÇOROCA NO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA-MG**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre.

Área de Concentração: Análise, Planejamento e Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Silvio Carlos Rodrigues

UBERLÂNDIA, 06 DE AGOSTO DE 2010.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

S586m Silva, Alcione Hermínia da, 1980-

Medidas físicas e biológicas com potencial para uso em recuperação de voçoroca no município de Uberlândia-MG [manuscrito] / Alcione Hermínia da Silva. - 2010.
136 f. : il.

Orientador: Silvio Carlos Rodrigues.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Geografia.
Inclui bibliografia.

1. Erosão – Uberlândia (MG) - Teses. 2. Solos – Erosão - Uberlândia (MG) - Teses. 3. Voçorocas – Uberlândia (MG) – Teses. 4. Solos – Conservação – Uberlândia (MG) – Teses. I. Rodrigues, Silvio Carlos. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

CDU: 551.3.053(815.1)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Programa de Pós-Graduação em Geografia

ALCIONE HERMÍNIA DA SILVA

Medidas físicas e biológicas com potencial para recuperação de voçoroca no município de
Uberlândia-MG



Prof(a). Dr(a). Silvio Carlos Rodrigues (Orientador) - UFU



Prof(a) Dr(a). Marx Leandro Naves Silva - UFPA



Prof(a). Dr(a). Beno Wendling - UFU

Data: 06 / 08 de 2010

Resultado: APROVADA

AGRADECIMENTOS

A Deus, por cuidar de mim em cada detalhe e por tudo aquilo que está na minha vida até neste momento. “Tudo” é graças ao Senhor.

“Aos meus avós (Clara e Fausto)” cuja fé em mim me ensinaram a ter fé em mim mesmo e em Deus.” Meus pais (*in memorian*) e Tia Jú (*in memorian*). Meu irmão (Flávio), meus tios e primos. Pelo incentivo familiar.

Ao Fred, “por existir e ser como é” por sua companhia constante em minha vida e ajuda nos trabalhos de campo. Agradeço também a sua família pelo carinho e apoio.

Ao orientador, Sílvio Carlos, por confiar nas minhas intenções e ter me dado liberdade e condições de realizar este trabalho. Juntamente ao Instituto de Geografia-UFU, obrigada pelo acolhimento.

Agradeço de maneira muito especial aos Professores Drs. em Ciência do Solo e amigos Roriz Luciano Machado e Gilberto Fernandes Correa: agradeço imensamente pelo apoio Técnico. Pela Bondade, Generosidade e pela Amizade. Pelas vezes que deixaram suas tarefas cotidianas e foram a campo comigo, por terem compartilhado o conhecimento e me ajudado a compreender que neste mundo viemos, sobretudo, para servir o próximo.

Ao pessoal do LAGES, técnicos (Rô e Malaquias) pelos papos e companhias adoráveis. Aos alunos, que contribuíram de alguma forma e em algum momento foram a campo para ajudar (Lisia, Jean, Paulinha, Iron, Josimar, Fausto, Thallita e Camila).

À equipe de Faz. Glória: Douglas, Denise, Ricardo, Pedrinho, Zé Fernando, Pedro Carignato, Juliana, Carlos, Renato, Pedro Henrique e Eduardo. Com responsabilidade, suor, ciência e humor, juntos fizemos grandes coisas.

Aos funcionários da Fazenda Glória e da Fundap, pelos serviços prestados e pela gentileza que sempre tiveram para comigo.

Aos professores que participaram da minha banca de qualificação, Gilberto e Douglas que muito contribuíram com suas sugestões.

Ao Prof. Beno, pelas contribuições técnicas em vários momentos desta pesquisa. À Isabel.

Ao Prof. Marx por ter vindo de Lavras-MG, e juntamente com o Prof. Beno, aceitarem compor esta banca e prestigiar o meu trabalho com suas experiências profissionais. Obrigado.

Aos amigos do Grupo “VITÓRIA”. Às amigas de república, bem como, da república do Fred, obrigado pela convivência e pelos bons momentos.

Às amigas: Flávia, Lilian e Dalcimar, em suas inúmeras sugestões e ajuda com o trabalho.

Ao IFET-Uberaba, por ceder o viveiro para produção das mudas.

À MATSUDA Sementes, pela contribuição com as sementes herbáceas.

À Embrapa Agrobiologia - RJ, por todos que tive a oportunidade de conviver e conhecer enquanto estive em estágio. Pela contribuição nas sementes das espécies exóticas e inoculantes. De forma muito especial ao “Paulinho” (*in memorian*), por ter me apresentado às plantas leguminosas e por elas me encantar.

Ao Prof. Cláudio do ICIAG-UFU, por ceder os dados climáticos.

E por fim, ao (CNPq) pelo apoio financeiro que possibilitou a realização deste estudo.

A todos aqueles amigos do passado e da atualidade, que Deus em algum momento colocou em meu caminho e contribuíram direta e indiretamente, para que este trabalho fosse concretizado.

O sentimento neste momento é de satisfação e alegria, pois na Fazenda Glória o belo e o novo ainda estão por vir.

RESUMO

Em consequência do manejo inadequado do solo no Bioma Cerrado, atualmente áreas rurais e urbanas encontram-se com elevado grau de degradação. Assim, a Mesorregião do Triângulo Mineiro está entre os locais do Brasil com maior ocorrência de processos erosivos em forma de voçorocas. O presente trabalho objetivou avaliar a eficiência de um conjunto de práticas simples e de baixo custo, para estabilização e recuperação de voçorocas na Fazenda Glória em Uberlândia-MG. Para tanto, foram analisadas algumas características pedológicas (físicas e químicas) ligadas ao voçorocamento, bem como, estruturas físicas (terraços de base estreita e *mulching* vertical); paliçadas de bambu com sacos de rafia e biológicas (revegetação com leguminosas arbóreas e herbáceas). As técnicas foram implantadas nas áreas internas e externas das incisões erosivas, onde procurou-se unir durante o período do estudo (um ano e meio) subsídios que contemplassem indicadores da mudança da paisagem. Para avaliação biológica/edáfica, a variável analisada na parte interna foi a comparação das médias de desenvolvimento entre duas espécies herbáceas. Na parte externa foi analisado o estabelecimento de espécies arbóreas sob diferentes doses de corretivo do solo, mediante à altura da planta, largura da copa e diâmetro do caule na fase inicial e final do estudo, sendo posteriormente submetidas à análise de variância pelo teste de Scott - Knott a 5% de probabilidade. Constatou-se que a elevada espessura da camada de cascalho e instabilidade do horizonte C, aliado à fatores de natureza antrópica e pedológica, contribuiu para o agravamento do processo erosivo. Assim, do ponto de vista pedológico, as informações avaliadas enquadram-se ao que é qualificado como “tipo de terreno”. O uso em conjunto do *mulching* vertical e do terraço, proporcionaram o armazenamento do excesso de fluxo hídrico e manutenção da umidade do solo. A paliçada de bambu e sacos de rafia foi eficiente no barramento de grande parte do material (sedimentos) que seria transportado na parte interna. Quanto à revegetação, esta contribuiu para o melhoramento do aspecto visual na superfície do solo. De maneira que, para as espécies arbóreas os melhores resultados foram apresentados pelas plantas de *Acacia mangium*, *Acacia auriculiforme*, *Mimosa artemisiana*, *Anadenanthera macrocarpa* e *Inga edulis*. Sendo nas espécies de *Gliricidiam sepium*, *Guazuma ulmifolia* e *Astronium fraxinifolium* os valores menores. Na parte interna, a espécie *Macrotyloma axillare*, demonstrou uma rápida formação de cobertura vegetal em relação ao *Arachis pintoi*. No que se refere ao período de estudo os resultados obtidos até o presente momento, apontam o potencial das técnicas adotadas para a finalidade proposta.

Palavras chave: Erosão hídrica. Leguminosas arbóreas e herbáceas. Conservação do solo.

ABSTRACT

As a result of inadequate soil management in the Cerrado, currently rural and urban areas are with high degradation. Thus, the Meso-region of Triangulo Mineiro is among the locations in Brazil with the highest occurrence of erosion in the form of gullies. This study aimed to evaluate the efficiency of a set of simple practical and inexpensive, for stabilization and reclamation of gullies in Glory Farm in Uberlândia-MG. For this, they were analyzed soil characteristics (physical and chemical) linked to the gullies, as well as physical structures (Narrow base terraces and vertical mulching), bamboo fences with raffia bags and biological (revegetation with tree legumes and herbaceous). The techniques were deployed in indoor and outdoor of erosive incisions, which sought to unite during the study period (One and a half) subsidies to contemplate the change of indicators landscape. For biological evaluation / edaphic, the variable analyzed in Inside was the comparison of the average development between two herbaceous species. On the outside was analyzed to establish tree species under different levels of liming the soil through the plant height, crown width and stem diameter at initial stage and end of the study, were then subjected to analysis of variance by Scott - Knott 5% probability. It was found that the high thickness of the gravel and instability of the C horizon combined with anthropogenic factors and pedological nature, contributed to the aggravation of the erosion process. Thus, from the pedological viewpoint, the assessed information fall into what is described as "kind of ground ". The combined use of vertical mulching and terrace provided the storage of excess water flow and maintenance soil moisture. A palisade of bamboo and raffia bags was efficient on baring much of the material (sediments) that would transported ground down. As for revegetation, it contributed to improve the visual aspect on the soil surface. So that for the tree species best results were presented by plants of *Acacia mangium*, *Acacia auriculiformis*, *Mimosa artemisiana*, *Anadenanthera macrocarpa* and *Inga edulis*. Since the species *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia* and the *Astronium fraxinifolium* lower values. Inside, the species *Macrotyloma axillare*, demonstrated a rapid formation of plant cover in relation to *Arachis pintoii*. As regards the period of study results obtained so far, suggest the potential of techniques adopted for the proposed purpose.

Keywords: Water erosion. Leguminous trees and herbaceous plants. Soil conservation.

“Sei que meu trabalho é uma gota no oceano, mas sem ele o oceano seria menor”

“ Madre Tereza de Calcutá”

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Aspectos da voçoroca principal na Fazenda Glória em Uberlândia-MG: (A) –..	25
Figura 2 – Fluxograma das etapas da metodologia abordada.	45
Figura 3 - Fluxograma das etapas da metodologia adotada para classificar o material presente na área em estudo.	46
Figura 4 - Representação e localização das técnicas de recuperação implantadas na área de estudo.....	48
Figura 5 – Demonstração das medidas vegetativas / biológicas/edáficas.....	51
Figura 6 – Perfil ₁ do solo em um dos canais erosivo e tipo de erosão em alcovas de regressão..	58
Figura 7 - Aspectos das amostras coletadas em campo: (A) material da camada superficial cascalhenta (0-50cm); (B) – material do horizonte Bw (0-45cm).	58
Figura 8 - Aspectos da área de entorno da voçoroca principal: (A); (B) – Segundo Perfil (Perfil ₂).....	60
Figura 9 - Demonstração do assoreamento ao Córrego Glória próximo à área de estudo...64	
Figura 10 - Isolamento da área: (A) – Cerca e aceiro implantados na área experimental (cascalheira) na Fazenda do Glória-UFU.	65
Figura 11 - (A) – Terraço em nível do tipo base estreita... ..	67
Figura 12 - (A) – Vista parcial do terraço e cordão de vegetação proporcionado pelo <i>mulching</i> vertical.....	68
Figura 13- (A) – <i>Mulching</i> vertical: em implantação (início do período chuvoso em 2008).	70

Figura 14 - Demonstração do crescimento da vegetação no interior dos <i>mulching</i> verticais e formação dos cordões de vegetação.	70
Figura 15 - Demonstração do preenchimento com palhada de arroz em um dos <i>mulching</i> verticais.....	72
Figura 16 - Barramento do excesso de sedimentos (sacos de ráfia e Paliçada de bambu)..	74
Figura 17 – Representação da revegetação proporcionada na área de estudo após instalação após a paliçada de bambu..	75
Figura 18 - Paliçada de bambu instalada em voçoroca secundária vizinha à área de estudo..	76
Figura 19 - Demonstração dos ataques de formigas cortadeiras na espécie Mutamba e pulgão preto na planta <i>Gliricidia sepium</i>	86
Figura 20 - Representação da distribuição das plantas arbóreas em campo..	91
Figura 21 - Aspectos da vegetação instalada na área de estudo: deposição de material orgânico (serapilheira) proporcionado pela espécie <i>A. mangium</i>	92
Figura 22 - Aspectos da vegetação instalada na área de estudo: canteiros instalados no interior dos canais secundários..	95
Figura 23 - Aspectos da vegetação instalada na área de estudo: desenvolvimento da espécie <i>Arachis pintoi</i> e <i>Macrotyloma axillare</i>	96
Figura 24 - Aspectos da vegetação de <i>Macrotyloma axillare</i> instalada para cobertura superficial.	99
Figura 25 - Aspectos da vegetação instalada na área de estudo: cobertura total no canal secundário.	100
Figura 26 - Representação da erosão por solapamento e ilustração da revegetação conjunta, de <i>A. mangium</i> (parte externa) e <i>M. axillare</i> (parte interna)	101

Figura 27 - Registro da erosão por queda d'água durante evento chuvoso e eficiência da técnica vegetativa adotada.....	103
Figura 28 - Registro da contenção do fluxo hídrico interno pela técnica vegetativa em conjunto com a técnica física.....	103

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Localização da área de estudo. Fonte: Pinese e Moreira (2008).	22
--	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Representação do escoamento superficial considerando o formato das vertentes.	34
---	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Gráfico de evolução longitudinal das voçorocas entre agosto de 2007 à janeiro de 2008.	79
Gráfico 2 - Gráfico atual da evolução longitudinal das voçorocas secundárias no período de novembro de 2009 a fevereiro de 2010.	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Algumas características físicas de horizontes/camadas expostos pelo voçorocamento dos canais erosivos (solo truncado) em área de estudo na Fazenda Glória, Uberlândia-MG.	56
Tabela 2 - Características físicas do horizonte (Bw), expostos pelo voçorocamento na cabeceira da voçoroca principal na área de estudo	57
Tabela 3 - Características físicas do horizonte (Bw), expostos pelo voçorocamento na cabeceira da voçoroca principal na área de estudo	57
Tabela 4 - Caracterização química da amostra do material presente à montante (cabeceira) dos canais secundários.....	57
Tabela 5 - Caracterização física do solo de textura Franco Arenosa na área de estudo.	57
Tabela 6 - Caracterização química da amostra dos sedimentos carregados nos canais erosivos secundários da área de estudo.	63
Tabela 7 - Caracterização física dos sedimentos carregados no interior dos canais.	63
Tabela 8 - Valores médios da umidade apresentada em um dos <i>mulching</i> verticais implantados na área de estudo	68
Tabela 9 - Diâmetro do caule, largura da copa e altura da planta 60 dias após o plantio em função de diferentes doses de calcário aplicadas nas espécies nativas e exóticas na área de estudo.....	82
Tabela 10 - Diâmetro do caule, largura da copa e altura da planta um ano após o plantio em função de diferentes doses de calcário aplicadas nas espécies nativas e exóticas.	83
Tabela 11 - Diâmetro do caule, largura da copa e altura da planta em função da espécie (nativas e exóticas) à um mês dias do plantio.....	85
Tabela 12 - Diâmetro do caule, largura da copa e altura da planta em função da espécie (nativas e exóticas) aos 04 meses do plantio.	85

Tabela 13 - Diâmetro do caule, largura da copa e altura da planta em função das espécies (nativas e exóticas) aos 12 meses do plantio.	88
Tabela 14 - Crescimento do <i>Arachis pintoi</i> e <i>Macrotyloma axillare</i> em diâmetro do caule e altura da planta à um mês do plantio no interior das voçorocas em estudo.	94
Tabela 15 - Crescimento do <i>Arachis pintoi</i> e <i>Macrotyloma axillare</i> em diâmetro do caule e altura da planta aos 04 meses do plantio no interior das voçorocas em estudo	94
Tabela 16 - Crescimento da <i>Macrotyloma axillare</i> em diâmetro do caule aos 30 dias (primeiro mês) e 120 dias (quatro meses) do plantio na segunda fase da revegetação interna das voçorocas na área de estudo.....	96
Tabela 17 - Crescimento em altura da planta de <i>Macrotyloma axillare</i> aos 30 dias (primeiro mês) e 120 dias (04 meses) do plantio na segunda fase da revegetação interna das voçorocas na área de estudo.....	98
Tabela 18 - Valores de altura da parte aérea (cobertura vegetal), matéria fresca (massa verde), matéria seca (massa seca) aos quatro meses da semeadura da <i>M. axillare</i> na área de estudo.....	100

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Bw – Horizonte B latossólico.

C-CO₂ – Dióxido de Carbono

CS- canais secundários em estudo

CE- canais erosivos em estudo

cv- cultivar

DIC- Delineamento Inteiramente Casualizado

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAO - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação

FMAs – Fungos Micorrízicos Arbusculares

ICIAG- Instituto de Ciências Agrárias

IEF - Instituto Estadual de Florestas-

IG- Instituto de Geografia

LAGES - Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos

LAMAS- Laboratório de Manejo e Conservação do Solo

MO - matéria orgânica

MS- matéria / massa seca

MV- matéria / massa verde

NPK – Nitrogênio, Fósforo e Potássio

RAD - Recuperação de Áreas Degradadas

Tb – Argila de atividade baixa

UFU - Universidade Federal de Uberlândia

(USLE/EUPS) - Equação Universal de Perda de Solo

VP - voçoroca principal

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	18
1.1 <i>Objetivos.....</i>	21
1.1.1 <i>Objetivos específicos</i>	21
1.2 <i>Caracterização da área de estudo.....</i>	21
1.2.1 <i>Localização e Clima.....</i>	21
1.2.2 <i>Geologia e Geomorfologia</i>	23
1.2.3 <i>Histórico da área.....</i>	24
1.2.4 <i>Área experimental.....</i>	26
REFERENCIAL TEÓRICO	27
2.1 <i>Áreas Degradadas: Conceito e Extensão</i>	27
2.1.1 <i>Erosão: Processos envolvidos.....</i>	29
2.1.2 <i>Fatores Relacionados com a Erosão em Voçorocas</i>	31
2.1.3 <i>Atributos do solo</i>	32
2.1.4 <i>Relevo.....</i>	33
2.1.5 <i>Perdas por erosão hídrica no Brasil & Tecnologias de Manejo de Solos</i>	35
2.1.6 <i>Evolução da Recuperação de Áreas Degradadas no Brasil.....</i>	37
2.2 <i>Medidas de Conservação do Solo</i>	38
2.2.1 <i>Terraceamento</i>	39
2.2.2 <i>Mulching Vertical.....</i>	40
2.3 <i>Medidas e Tecnologias Vegetativas</i>	41
2.3.1 <i>Revegetação em Áreas Degradadas</i>	41
METODOLOGIA DO ESTUDO	45
3.1 <i>Etapas do estudo</i>	46
3.1.1 <i>Caracterização do material “solo” da área de estudo</i>	46
3.1.1.1 <i>Caracterizações química e física do material amostrado na parte externa e interna.</i>	47
3.1.2 <i>Implantação das medidas de controle e avaliação da erosão</i>	47
3.1.2.1 <i>Isolamento da área de estudo.....</i>	48
3.1.2.2 <i>Medidas Físicas</i>	49
3.1.2.3 <i>Medidas Edáficas</i>	50
3.1.2.4 <i>Implantação das mudas</i>	52
3.1.3 <i>Precipitação no período: avaliação da evolução da erosão.....</i>	54
RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	55

4.1 Caracterização do material “solo” na área de estudo.....	55
4.1.1 Aspectos Geomorfológicos	59
4.1.2 Considerações sobre o material presente na área de estudo.....	60
4.2 Considerações sobre a área de estudo anterior às implantações das medidas de recuperação.....	62
4.3 Resultados da Implantação das medidas de controle e avaliação da erosão	65
4.3.1 Isolamento da área de estudo.....	65
4.3.2 Medidas Físicas	66
4.3.2 Precipitação no período de estudo	77
4.4 Resultados das Medidas Edáficas.....	81
4.4.1 Revegetação do entorno dos ce (arbóreas)	81
CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	105
REFERÊNCIAS.....	110
APÊNDICES	123
APÊNDICE 1 - Quadro de Resumos da análise estatística.....	124
APÊNDICE 2: Gráfico com registros da precipitação entre 2007 e 2010.....	125
ANEXOS	127
ANEXO A - Análise do solo na área de estudo.....	128
ANEXO B - Localização dos pontos às bordas da voçoroca principal e canais secundários.	130
ANEXO C - Demonstração da proteção instalada à borda dos canais erosivos.	132

INTRODUÇÃO

A degradação do solo é um dos problemas mais críticos que a população mundial está enfrentando atualmente. Conforme Kobiyama *et al.*, (2001), as principais causas desta degradação tem sido o desmatamento, o manejo inadequado da agricultura, o superpastejo, a exploração da vegetação para combustível e atividade industrial, resultando no fato de que 28% das terras agricultáveis do planeta se encontram em algum estágio de degradação.

Entre as várias formas de degradação do solo, a erosão hídrica é umas das principais, acarretando prejuízos de ordem econômica, ambiental e social. Hernani *et al.*, (2002) citam perdas resultantes deste tipo de erosão com valores médios de 822,7 milhões de toneladas = U\$\$ 2,93 bilhões ano⁻¹ de toneladas de solo. No levantamento de áreas degradadas realizado em 2005 no Brasil, a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação - FAO (2008) indicou que 15,97% dos solos brasileiros apresentam algum grau de degradação, sendo: 1,29% correspondente a 110mil km² com degradação leve; 4,99% ou 427 mil km² com degradação moderada; 7,29% ou 624 mil km² com degradação severa e 2,4% ou 205 mil km² com degradação muito severa.

Neste sentido, é importante considerar que quando a perda de solo pela erosão se dá em camadas relativamente finas e homogêneas, às vezes até imperceptível, é chamada de erosão entre sulcos e/ou laminar. À medida que a água da chuva se concentra em determinados pontos devido às depressões na superfície do terreno, os sulcos se tornam profundos, podendo chegar a um estágio mais avançado que são as voçorocas (Braun, 1965; Bertoni, 1993; Guerra, 2003). A ação do homem no sentido de acelerar o processo erosivo ocorre quando este retira a cobertura vegetal original do solo e realiza práticas que promovem sua desagregação como aração, gradagem, calagem, adubação, redução da matéria orgânica, construção de estradas etc, e o expõe ao impacto das gotas das chuvas.

O Cerrado além do segundo maior Bioma Brasileiro, é uma das principais fronteiras agrícolas do país. Atualmente, esta região é responsável por cerca de um terço da

produção de grãos do país (soja, milho, sorgo, arroz, trigo, café etc.), metade da produção de carnes e a maior parte da de algodão, parte da qual se destina ao mercado externo. Dispõe de boa infra-estrutura logística e um agronegócio bem organizado, gerando benefícios econômicos e sociais relevantes para a sociedade e para o País (GOEDERT; WAGNER; BARCELLOS, 2008).

Assim, a paisagem do Cerrado no histórico dos diferentes usos a que foi submetido, sofreu significativas alterações decorrentes do manejo inadequado do solo, onde a vegetação natural foi quase totalmente substituída por pastagens e culturas agrícolas acompanhadas de uma superexploração e inadequado manejo do solo, causando assim, relevantes impactos ambientais principalmente, pelo fato destas áreas possuírem um relevo com formas pouco dissecadas e suaves, que facilitam a mecanização agrícola.

Como ilustração, considerando-se somente a área dos Cerrados no Brasil Central, responsável por 60% da produção nacional de carne, estima-se que cerca de 80% dos 50 milhões de hectares de pastagens plantadas apresentam algum estágio de degradação, havendo pouco interesse de pecuaristas na sua recuperação (KITCHEL *et al.*, 2000).

A Mesorregião do Triângulo Mineiro através de sua localização estratégica desenvolveu grandes centros produtivos atacadistas e redes de agronegócio. Entretanto, conforme Botelho & Guerra (2003), esta região, juntamente com Noroeste do Paraná, Planalto Central, Oeste Paulista, Campanha Gaúcha e Médio Vale do Paraíba do Sul, estão entre os locais do Brasil com maior ocorrência de processos erosivos.

No município de Uberlândia-MG, segundo dados fornecidos pela Secretaria de Agricultura, no censo de 2006 o Levantamento Rural realizado pela Prefeitura Municipal através de entrevistas de campo, registrou que o número de voçorocas ativas corresponde à 37; estabilizadas: 32; com vegetação: 12; sem vegetação: 2; ativas sem vegetação: 24; ativas com vegetação: 21; estabilizadas sem vegetação: 4 e estabilizadas com vegetação: 97.

Desta forma, tendo em vista que grande parte das áreas de extensão de monocultivos no Brasil, em conjunto com o desmatamento agrícola (pecuária) e espaços urbanos (mineração) estão na região dos Cerrados, é fundamental a busca de soluções para problemas relacionados com o manejo destes ecossistemas, quando degradados.

Ao tratar do conceito de recuperação, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente-IBAMA (1990), indica que o mesmo significa que o local degradado será retornado a uma forma de utilização de acordo com o plano preestabelecido para o uso do solo. Implica que uma condição estável será obtida em conformidade com os valores ambientais, econômicos, estéticos e sociais da circunvizinhança.

Independentemente da finalidade, as ações recuperadoras pressupõem o uso de medidas de proteção do solo dentre as quais a formação de uma vegetação de cobertura tem sido imprescindível. Existem diferentes metodologias empregadas na Recuperação de Áreas Degradadas (RAD), a maioria requer alto investimento financeiro, como o uso de tecnologias conservacionistas (geotêxteis, hidrosemeaduras, etc.) (CARVALHO *et al.*, 2006). Porém, estudos desenvolvidos por Machado *et al* (2007) teve como objetivo avaliar a eficiência de tecnologias conservacionistas no controle de três voçorocas na região de Pinheiral (RJ) atingindo resultados satisfatórios a custos relativamente pequenos. Demonstrando que a recuperação de uma voçoroca a baixo custo, consiste basicamente no controle da erosão da área à montante ou cabeceira da encosta, retenção de sedimentos na parte interna com barreiras e revegetação da área de entorno, com espécies vegetais que consigam se desenvolver adequadamente nestes locais.

No ano de 2007, Serato *et al* (2008) na tentativa de conter o excesso de sedimentos gerados internamente em quatro voçorocas secundárias, instalaram medidas de contenção isoladas através de barreiras com material de sacos de ráfia contendo terra e biomanta nas bordas dos canais erosivos conseguindo resultados interessantes.

Nesse sentido, foi proposta a hipótese de que se aliando à medida adotada anteriormente, com outras medidas físicas e edáficas de baixo custo, é possível reduzir a evolução das incisões erosivas e estabilizar áreas com erosão em voçorocas.

1.1 OBJETIVOS

O estudo teve como objetivo, avaliar a contribuição de um conjunto de práticas conservacionistas (Medidas Mecânicas / Físicas: *Mulching* vertical, Terraceamento e Paliçadas) e (Medidas Vegetativas / Edáficas : espécies leguminosas arbóreas e herbáceas) como potencial para recuperação de voçoroca no município de Uberlândia-MG.

1.1.1 Objetivos específicos

Investigar processos de voçorocamento na área de estudo com o manejo adotado através da caracterização do material presente.

Avaliar o estabelecimento e a influência de espécies leguminosas arbóreas e herbáceas na cobertura vegetal da superfície da área.

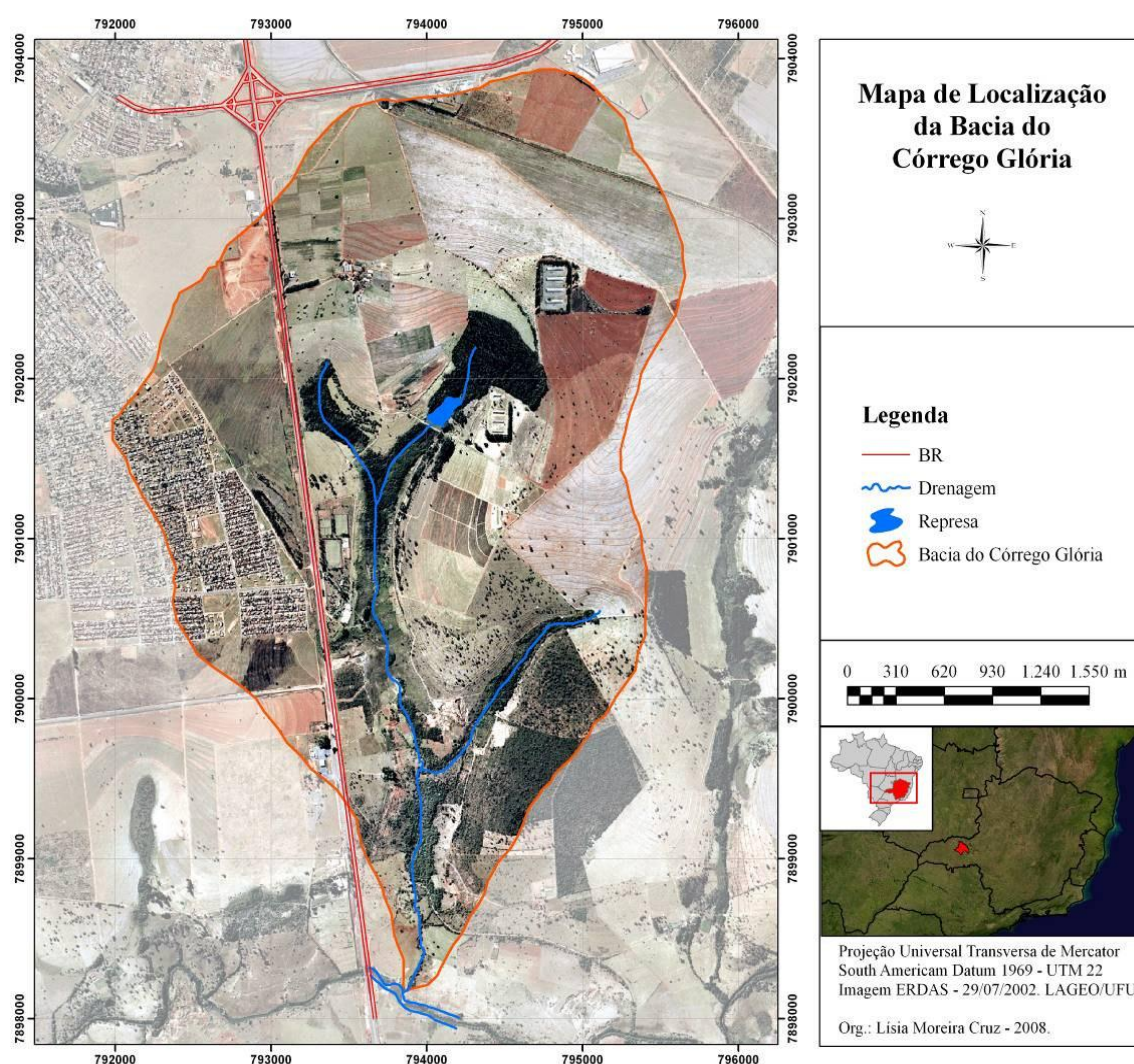
Analisar a viabilidade da tecnologia de recuperação de voçorocas através de um conjunto de medidas simples e de baixo custo.

1.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

1.2.1 Localização e Clima

A área de estudo localiza-se na Fazenda Experimental Glória, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Microbacia do Córrego do Glória em Uberlândia-MG, na região do Triângulo Mineiro localizada à 556Km da capital Belo Horizonte (Mapa 1). O experimento encontra-se sob as coordenadas S18 58 19.5 W48 12 22.0 em uma área da propriedade conhecida como cascalheira.

O município de Uberlândia está localizado no Domínio Morfoclimático dos Cerrados, no compartimento de relevo denominado de Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná, caracterizando-se por apresentar relevo tabular, levemente ondulado com altitude inferior a 1000 metros.



Mapa 1 - Localização da área de estudo. Fonte: Pinese e Moreira (2008).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw tropical chuvoso, com inverno seco (EMBRAPA, 1982). A média anual da temperatura é em torno de 22,0° C, sendo os meses de outubro a março os mais quentes, com média de 24,7° C. Os meses mais frios são junho e julho, com temperatura média de 18,8° C. A pluviosidade varia entre 1300 mm a 1700 mm, com verão quente e chuvoso e inverno seco, apresentando temperaturas mais amenas.

1.2.2 Geologia e Geomorfologia

Segundo AB´SABER (1971), o Município de Uberlândia apresenta forma de relevo denominada Domínio dos Chapadões Tropicais do Brasil Central , “localizada numa área de relevo mediantemente dissecado caracterizado pela presença de vales encaixados e vertentes com acentuado declive”. RADAM (1983) define o relevo dessa área como Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná, inserida na subunidade Planalto Setentrional desta Bacia, enquanto Nishiyama (1989) o define em termos de associação com as litológicas do Grupo São Bento (Formação Serra Geral e Botucatu), Grupo Bauru com a Formação Adamantina e Marília, Complexo Goiano e o Grupo Araxá.

De acordo com essas classificações e baseando-nos em Mendes apud Assunção (2004), podemos dizer que a morfologia do relevo do município apresenta áreas com superfícies aplainadas, formadas por rochas sedimentares que fazem parte dos chapadões comumente limitados por vertentes erosivas.

Aprofundando a esta questão, temos Baccaro (1989) que classifica o relevo, especificadamente da porção norte do município de Uberlândia, considerando a declividade, a geologia e os processos erosivos atuais em dissecado e intensamente dissecados. Nessa porção, observa-se o predomínio do relevo intensamente dissecado. Este setor apresenta uma porção mais elevada com topos aplainados pertencentes a uma grande chapada. Entre 640 e 700 m de altitude, encontra-se uma superfície separada do nível de cima por rupturas de declive mantidas por distintos derrames basálticos.

Deste modo, pode-se definir o relevo como:

(...) predominantemente dissecado em formas tabulares amplas, apresentando escarpas com desníveis superiores a 150m. Tais rupturas são, assim, expressas pelas ocorrências rochosas da base para o topo com as constatadas nas proximidades do rio Araguari: rochas Pré-Cambrianas do Grupo Araxá (micaxisto serecitaxisto e quartzito, predominantemente) basalto e arenito intertrapeado da Formação Serra Geral e arenitos Cretácicos do Grupo Bauru capeados pelos sedimentos Terciários e Quaternários. (BACCARO, 1989, p.17).

Quanto à vegetação, segundo Baccaro (1989), nas áreas de topo tem-se uma cobertura de cerrado, enquanto nas vertentes nota-se a mata semi-decídua. A vegetação natural do município de Uberlândia é de cerrado do tipo savana arbórea, com mata de galeria.

1.2.3 Histórico da área

A Fazenda Glória trata-se de uma propriedade rural de aproximadamente 680 hectares, voltada para os cultivos de Café, Milho, Sorgo, Pastagem e Hortifruticultura; há ainda as atividades de Avicultura e Ranicultura, porém, a principal atividade é a pecuária leiteira, a qual juntamente com os horti-fruti abastece o setor de alimentação, nutrição e dieta do Hospital Universitário (HU), maior unidade de saúde regional, e alguns setores do Restaurante Universitário (RU) da UFU.

O histórico da área aponta que as atividades da fazenda iniciaram-se durante a década de 1970, sendo que nesta mesma época intensificaram-se os processos erosivos. Segundo relatos de antigos trabalhadores e moradores da região, paralelo à sua utilização agrícola pecuária, a área em questão já foi intensamente explorada para mineração (retirada de cascalho), principalmente durante as décadas de 70 e 80 para pavimentação da BR 050 que liga as cidades Uberaba/Uberlândia.

Havia também, o manejo inadequado de uma rede de drenagem existente na época à montante da atual erosão. No momento da limpeza para manutenção desta, a água da valeta era jogada ladeira abaixo e desta forma, dava-se início ao processo erosivo.

As narrações relatam ainda que em 1981, na tentativa de resolução imediata do problema, houve escavação de terra da própria área para aterrar a feição erosiva. Posteriormente, foram lançadas sementes de gramínea da espécie *Brachiaria sp*, isso, na época da seca.

No período chuvoso que sucedeu os acontecimentos citados acima, os relatos confirmam que os materiais depositados foram carreados com a enxurrada, aumentando ainda mais os sulcos de erosão. A prática apenas não foi repetida no ano seguinte porque mesmo passado o período chuvoso o fluxo hídrico interno tornou-se constante, devido à exfiltração do lençol freático até os dias atuais.

Atualmente, na área verificam-se a ocorrência de erosões laminar, sulcos, ravinas e voçorocas (Figuras 1).

O Laboratório de Geomorfologia e Erosão do Solo do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia-MG (LAGES/IG-UFU), desde o ano de 2002 vem realizando estudos nesta área, principalmente no que diz respeito à identificação e monitoramento da evolução dos processos erosivos.

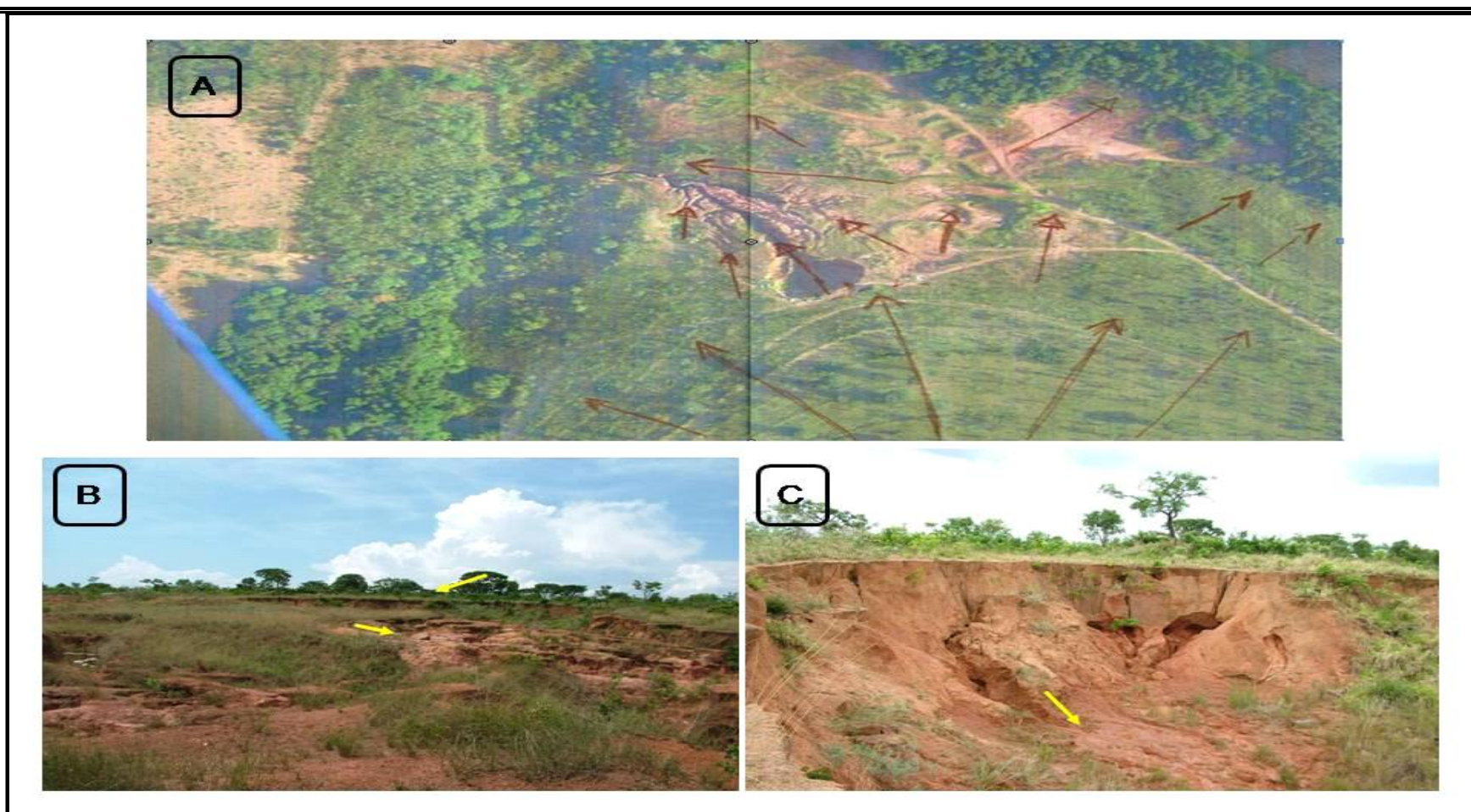


Figura 1 – Aspectos da voçoroca principal na Fazenda Glória em Uberlândia-MG: (A) – Localização da voçoroca principal (VP), indicando as respectivas áreas de contribuição; (B) – Vista parcial da voçoroca principal com suas “ramificações” em outras voçorocas menores; (C) – Vista parcial de evolução interna da voçoroca principal, identificando desmoronamentos e exfiltração do lençol freático.

1.2.4 Área experimental

No presente estudo foram escolhidas quatro voçorocas menores (canais erosivos secundários), com dimensões médias de 12 metros de extensão por 2-5 m de largura e 2 m de profundidade, tratando-se de “ramificações” de uma voçoroca maior (voçoroca principal de 350m de extensão por 60m de largura e 10m de profundidade) Figuras 1 e 4.

Em Agosto de 2008 iniciou-se a implantação das técnicas e medidas conservacionistas de recuperação na referida área, cujo estágio de degradação encontrava-se avançado e com pouca vegetação. A degradação local desencadeou nos últimos anos canais erosivos secundários, os quais conforme pode ser observado na Figura 4 (página 49) são “ramificações” da voçoroca principal. Entretanto, estes têm evolução, geração de sedimentos e área de contribuição particular, aumentando sua extensão a cada evento de precipitação intensa, ou seja, evolui com velocidades diferentes da voçoroca principal, razão pela qual são tratados nesta pesquisa de voçorocas menores.

Porém, a fim de facilitar a leitura deste texto, a partir daqui, estas feições erosivas serão chamadas de CS (canais secundários) e VP (voçoroca principal).

REFERENCIAL TEÓRICO

1.3 ÁREAS DEGRADADAS: CONCEITO E EXTENSÃO

Segundo Carpanezzi *et al.*, (1990), um ecossistema degradado é aquele que sofreu alterações resultando em perda da cobertura vegetal e dos meios de regeneração bióticos (banco de sementes e de plântulas e rebrota). Para Lal e Stewart (1992), a degradação do solo implica na redução da sua capacidade produtiva, resultante de uso intensivo, causando mudanças e promovendo alteração nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, estando as principais causas da degradação relacionadas ao desmatamento, métodos de cultivos, sistemas agrícolas e agropecuários, uso de agroquímicos etc.

No conceito de Franco e Campello (2001), a degradação pode ser provocada por perturbação do solo, causada por ações naturais como vento, fogo, terremoto, queda de árvores e enchentes, onde a perda da matéria orgânica é pequena e a resiliência natural do sistema geralmente se encarrega da recuperação, ou por ação antrópica quando há intensa perda de matéria orgânica do solo. Segundo os autores, a degradação associada com grande perda de matéria orgânica é a mais séria, devido a natureza dos nutrientes a ela associados.

Desta forma, áreas degradadas, no conceito geral, podem ser formadas por solos degradados (manejo inadequado, desmatamento, áreas irrigadas salinizadas, erosão etc.), depósito de rejeitos industriais, exploração de jazidas de mineração etc.

Em cada situação, os prejuízos para o ecossistema podem ser diferentes tais como perda de solo, baixa produtividade, contaminação de mananciais, desmoronamento de encostas, poluição do solo, geração de poeira e conseqüente poluição do ar, assoreamento de rios e cursos d'água. Entretanto, conforme Dias (2005), o fato comum entre todas estas situações é a perda da matéria orgânica do solo.

Griffith (1986) definiu recuperação como a reparação dos recursos ao ponto suficiente para se restabelecer a composição e frequência das espécies encontradas

originalmente. Majer (1989) inclui na sua definição o planejamento e o trabalho de engenharia e de processos hidrológicos, considerando que a recuperação envolve os aspectos de qualquer processo que vise à obtenção de uma nova utilização para a área degradada.

Desta forma, processos ou programas de recuperação ambiental podem ser definidos como um conjunto de ações, idealizadas e executadas por especialistas de diferentes áreas do conhecimento humano, que visa proporcionar o restabelecimento de condições de equilíbrio e sustentabilidade existentes anteriormente em um sistema natural (DIAS, 1996).

Guerra e Cunha (2003) mencionam que a degradação ambiental é um problema social, pois os processos físicos, como por exemplo, a erosão e o assoreamento, ocorrem naturalmente, mas sem a gravidade provocada quando o homem se torna o agente causal.

Em uma análise espacial, no que confere à abordagem dos termos de recuperação principalmente na década de 80 onde a contribuição da ecologia florestal aos projetos elaborados resumiu-se, principalmente aos levantamentos florístico-fitosociológicos de ecossistemas florestais bem preservados, a importância em se considerar e avaliar os distúrbios na organização e sustentabilidade dos ecossistemas florestais, segundo Martins (2009), ganhou força a partir da mudança de paradigmas da ecologia, em que os ecossistemas passaram a ser entendidos como sistemas abertos sujeitos a variados tipos de distúrbios e que a sucessão após tais distúrbios é influenciada por uma série de fatores ambientais, históricos e antrópicos, podendo seguir variados caminhos, sendo em muitas situações, um processo pouco previsível.

Nesse contexto, a própria interpretação do termo restauração tem deixado de ser estritamente o retorno de um ecossistema degradado à condição original, para se tornar o resgate da integridade ecológica do ecossistema, sua biodiversidade e estabilidade no longo prazo.

Neste sentido, no que concerne ao espaço agrário para Rocha (2005), o grande desafio das Ciências Agrônômicas é o de manter a produção agrícola em quantidades que sustentem a população sem degradar o meio ambiente, atingindo assim, o patamar de agricultura sustentável.

1.3.1 Erosão: Processos envolvidos

A superfície da terra não é estática, encontra-se em estado de contínuas modificações. A água das chuvas e os ventos causam um contínuo desgaste e transporte de partículas, o que caracteriza a erosão natural ou geológica. Através desse tipo de erosão é que foram esculpidas as montanhas, escavados os vales e conseqüentemente depositados os materiais que formam as várzeas e os deltas, segundo Lepsch (1994). O autor argumenta ainda que este tipo de erosão não causa desequilíbrio, pois o desgaste é compensado por uma renovação através dos processos de formação do solo.

Erosão é o desgaste e/ou arrastamento da superfície da terra pela água corrente, vento, gelo ou outros agentes geológicos, incluindo processos como arraste gravitacional. A partir do momento que o homem altera a cobertura do solo e modifica a infiltração da água das chuvas, elas passam a escorrer mais do que infiltrar, e daí, ocorrem o início do processo chamado de erosão acelerada (CURI et al., 1993; Bertol et al., 1996 e Guerra, 1999).

O processo erosivo consiste de três eventos seqüenciais, caracterizados por desprendimento, arraste e deposição das partículas (LAL, 2001b; CARVALHO et al., 2002). O desprendimento consiste na liberação de partículas dos agregados que poderão permanecer no local ou ser transportadas (AMORIM, 1999).

Segundo Bahia (1992), o desprendimento ou destruição dos agregados ocorre devido ao efeito integrado da energia cinética da gota de água e da força cisalhante do escoamento superficial, constituindo o estágio inicial da erosão hídrica.

Quanto à classificação, entre as várias formas de abordagem sobre o assunto a mais comum refere-se à erosão hídrica, erosão eólica e erosão glacial.

A erosão hídrica é a mais importante no Brasil em termos de área de ocorrência, sendo classificada em três tipos principais: a erosão superficial, a interna e a linear (sulco à voçoroca), de acordo com seu grau de evolução. Quanto à forma, Bertoni e Lombardi Neto (1993) classificam a erosão hídrica em formas clássicas, tais como, erosão pelo impacto da gota, erosão laminar, sulcos e voçorocas, e em formas mais especializadas, deslocamento de massas, erosão em pedestal, erosão em pináculo e erosão em túnel.

Nas diversas regiões os fatores responsáveis pela erosão hídrica do solo são a suscetibilidade do solo, chuvas de alta intensidade, comprimento da vertente (declividade), a cobertura vegetal e o uso do solo.

A erosão laminar atualmente denominada por erosão entre sulcos, se caracteriza pela remoção de camadas relativamente finas do solo em toda uma área. Por outro lado na erosão em sulcos, a enxurrada concentra e atinge volume e velocidade suficientes para formar canais de diferentes dimensões.

A associação de grande volume de enxurrada e situações específicas de terreno, relativas tanto à pedologia quanto a litologia, promove formação de sulcos de grandes dimensões denominadas de voçorocas (HERNANI *et al.*, 2002). O termo voçoroca é originário do vocabulário tupi-guarani e significa “terra rasgada” (Goulart, 2005).

A evolução das formas erosivas caracterizando a formação de voçorocas ocorre por processos que envolvem fluxos superficiais e subsuperficiais, sendo este tipo de formação o estágio mais avançado do processo erosivo. Complementando esta idéia, Fendrich *et al.* (1988) classificam as voçorocas em simples e complexas, onde as voçorocas complexas recebem esse nome quando atingem o lençol freático suspenso.

A erosão causada por fluxos lineares pode dar origem a diversos tipos de feições. Uma destas é a erosão por queda d’água, que se origina a partir da água do escoamento superficial que desemboca no interior de incisões erosivas. Este tipo de erosão possui muita energia e pode ser considerado um dos responsáveis pelo rápido desenvolvimento remontante dos canais na direção do topo das áreas de contribuição (OLIVEIRA, 1999).

Guerra (2007) complementa ainda que estes fluxos possibilitem a formação das alcovas de regressão, marmitas ou panelas, filetes subverticais e dos escamamentos. Estas alcovas (Figura 6) são indicativas da ocorrência da erosão remontante, devido à presença de água no interior do canal durante o período chuvoso, que proporciona negatividades do solo, ou seja, locais onde a camada inferior do solo foi retirada, deixando as camadas superiores sem sustentação. Neste caso, a camada inferior foi retirada nos momentos em que a força da queda d’água diminui, de forma que a água passou a escoar pela parede do canal, erodindo-a para dentro (OLIVEIRA, 2005).

Segundo este mesmo autor, as alcovas de regressão podem ser formadas não só pelo escoamento superficial na forma de filetes subverticais, mas também pela exfiltração

do lençol freático, ou pela ação concomitante desses dois mecanismos. O solapamento de base ou erosão de base trata-se de outro efeito da erosão por quedas-d'água. No entanto pode ser gerado pelo escoamento superficial, e os transportes por exfiltração do lençol freático ocasionando por vezes movimentos de massa que são facilmente identificadas pelo material deixado abaixo das bordas da incisão. Eles constituem uma grande variedade de feições erosivas, geralmente associados à evolução à montante ou ao alargamento das incisões erosivas (OLIVEIRA, 2005; Guerra, 1999).

1.3.2 Fatores Relacionados com a Erosão Hídrica do tipo Voçorocas

Silva *et al.*, (1999a), citam em seu trabalho autores que atribuem de forma abrangente os fatores responsáveis pela erosão hídrica como sendo, o clima (características das chuvas); atributos mineralógicos, morfológicos e biológicos do solo; relevo (declividade, comprimento de rampa e forma da encosta); cobertura vegetal do solo; pedoforma; manejo e uso de práticas conservacionistas. No entanto, para formação de voçorocas, existem outros fatores mais complexos, que regem a formação das mesmas.

Chaves (1994) indica haver três processos erosivos distintos em voçorocas, tais como: a incisão do canal pela energia cisalhante do escoamento superficial, erosão hídrica na cabeceira por quedas de água localizadas, e desmoronamento de taludes laterais da voçoroca por posterior remoção pelo escoamento.

1.3.3 Atributos do solo

Em relação aos tipos de solos mais propícios à erosão, destacam-se os classificados como Neossolos, Cambissolos, Argissolos, e Latossolos de textura média (GUERRA, 2003).

A susceptibilidade, erodibilidade ou resistência do solo à erosão (SILVA *et al.*, 1999), ocorre em função de seus atributos intrínsecos. Segundo Wischmeier e Smith (1958), as propriedades do solo que influenciam na sua erodibilidade são: velocidade de infiltração, permeabilidade do solo a água, capacidade total de armazenamento, resistência às forças de dispersão, salpico e transporte pela enxurrada.

Em relação à textura, Resende (1985) destaca que a erosão tende a ser maior nos solos com maior teor de areia e silte, que nos solos argilosos. Solos com textura mais grosseira podem ser susceptíveis devido ao baixo grau de agregação das partículas (VENTURIM; BAHIA, 1998), enquanto que os solos com maior teor de silte, apesar de apresentarem determinada agregação quando secos, ao umedecerem apresentam agregados com baixa estabilidade, e conseqüentemente, uma fácil dispersão e transporte de partículas (FERREIRA, 1992).

Os teores de silte e areia muito fina são indicadores de erodibilidade do solo e utilizado como parâmetro em modelo empírico para determinação do fator K da Equação Universal de Perda de Solo (USLE/EUPS), denominado de nomograma de Wischmeier (LEPRUN, 1981).

A porosidade do solo, que está relacionada com a densidade, controla a permeabilidade do solo, que logo afeta a taxa de infiltração da água no solo. Em um solo com boa taxa de infiltração, as águas das chuvas irão infiltrar o máximo possível promovendo menor escoamento superficial, e conseqüentemente, menor erosão e perda de solo.

Apesar de a erodibilidade ser mais relacionada aos horizontes superficiais, provavelmente por ser a erosão entre sulcos (laminar) a mais estudada por meio da USLE, por anteceder às demais formas erosivas, existe também o estudo da erodibilidade de camadas mais profundas, como é o caso do horizonte C ou saprolito.

De acordo com trabalho de Moraes et al., (2004), o estudo da erodibilidade do horizonte C é uma ferramenta muito importante para avaliação da suscetibilidade de saprolitos à erosão subsuperficial (*piping*). Para Goulart (2005), o horizonte C dos solos é altamente susceptível à perda de material, e o solum (horizontes A + B), constitui-se em uma capa protetora, tornando imprescindível a manutenção de seus componentes, neste sentido, a espessura do solum torna-se um fator importante.

1.3.4 Relevô

Os processos erosivos em uma vertente são influenciados pelas características de declividade, comprimento de rampa e forma da encosta, influenciando no tamanho e quantidade do material carregado (SOUZA; BAHIA, 1998). Segundo Almeida (1981), as declividades mais acentuadas favorecem a concentração e maior velocidade de escoamento de água, e conseqüentemente, maior perda de solo.

Em relação à forma das vertentes, Resende (1985) afirma que a erodibilidade aumenta das formas côncavas para as convexas. Esse autor relaciona que nas formas côncavas a remoção de sedimentos é menor, principalmente na base das encostas, onde há convergência de água e pode até acumular nutriente e sementes, sendo mais comum em regiões tipicamente mais secas. Nas formas convexas a enxurrada apresenta maior divergência, retirando o material do sistema. Nas vertentes côncavas é onde se tem tendência à formação de sulcos e voçorocas devido à erosão ser mais concentrada.

Considerando o formato das vertentes (pedoforma), algumas características devem ser analisadas para compreender a dinâmica do processo erosivo (Quadro 1):

UNIDADES DE VERTENTE	MORFODINÂMICA NATURAL
Retilínio	Tendência a uma menor infiltração e predominância ao escoamento superficial difuso nas altas e médias vertentes, passando a concentrado nas baixas vertentes.
Côncavo	Os processos de escoamento superficial difuso e concentrado superam a infiltração e o escoamento subsuperficial.
Convexo	Tendência a uma menor infiltração e predominância ao escoamento superficial difuso nas altas e médias vertentes, passando a concentrado nas baixas vertentes.
Topo plano	Tendência a uma predominância à infiltração e ao escoamento subsuperficial .

Quadro 1 - Representação do escoamento superficial considerando o formato das vertentes.

Adaptado de Fujimoto (2008).

Nesta linha, a geomorfologia pode fornecer grande contribuição para análise desta problemática, pois dentro de uma visão integrada do ambiente e trabalhando em escalas apropriadas aos fenômenos estudados ela propicia o entendimento do funcionamento e as inter-relações entre os parâmetros morfométricos e estruturais das vertentes e as possibilidades de ocupação destas (RODRIGUES, 2002).

O ponto fundamental em estudos sobre processos erosivos intensos seria modelar a erosão em voçorocas. Rocha (2003), afirma que a grande dificuldade se deve à heterogeneidade dos fenômenos responsáveis pela sua formação. Esse autor estudou como fator relacionado à erosão em voçorocas, a resistência ao cisalhamento de taludes para avaliar a suscetibilidade de horizontes e tipos de solo ao cisalhamento e voçorocamento. Desta forma, além da importância de se conhecer os fatores relacionados com a erosão em voçorocas, o mais importante é prevenir o aparecimento Desse estágio avançado da erosão, que uma vez atingido é de correção sempre mais difícil, sendo preferencialmente adotada a estabilização.

1.3.5 Perdas por erosão hídrica no Brasil & Tecnologias de Manejo de Solos

A pesquisa em erosão do solo no Brasil data de 1942, como resultado do esforço de pessoas e instituições em alguns Estados brasileiros. O Instituto Agronômico de Campinas (IAC) é a instituição brasileira com maior experiência e tradição nessa área, pois realiza pesquisas em erosão do solo de uma forma continuada, desde 1943. A pesquisa teve avanços, pois é inegável o progresso técnico obtido na agricultura brasileira voltada ao controle da erosão do solo. Entretanto, ainda há muito a avançar e, por isso, os pesquisadores se mantêm sempre obstinados na busca, na discussão, no planejamento e na sistematização e uniformização de métodos de pesquisa em erosão do solo.

Segundo Cassol e Reichert (2000), a discussão no Brasil está centrada na pesquisa em erosão hídrica do solo, tendo em vista que a pesquisa em erosão eólica e marinha do é inexpressiva no país. Entretanto, para algumas regiões do Brasil, como por exemplo, o Nordeste é importante planejar e executar pesquisas em outros tipos de erosão do solo.

Outro exemplo, na região Sudoeste do Estado do Paraná, os problemas desta natureza são provocados, principalmente, pelo mau uso agrícola que acelera a erosão hídrica nas bacias hidrográficas e polui os rios com material particulado, adubos e pesticidas (CASTRO, 1991).

Na região supracitada, resultados de pesquisas indicam haver perda de 15 a 20 Mg h⁻¹ ano⁻¹ de solos em áreas intensivamente mecanizadas (PARANÁ, 1989). Parchen e Bragagnolo (1991) salientam que uma perda média de solo equivalente a 20 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ representa, no Paraná, uma perda anual de nutrientes no valor de US\$ 250 milhões. Derpsch *et al.*, (1986) afirmaram que, em 1982, cerca de 12,5 milhões de toneladas de sedimentos foram depositados no reservatório de Itaipu. Sendo que, a análise do teor de sedimentos assim como de fósforo e nitrogênio na água no reservatório de Itaipu, caracterizou que as concentrações mais altas são encontradas durante o período de preparo do solo e plantio.

Pesquisas realizadas no Rio Grande do Sul mostram que, em termos médios, ocorre uma perda de mais de 40 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de terra em seis milhões de hectare de áreas cultivadas (SCHIMIDT, 1989).

Em São Paulo, Dechen e Prochnow (2003) quantificaram que as perdas de terra na forma de sedimentos foram da ordem de $50,8 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, sendo 69% superiores se comparadas ao mesmo solo com 30% de cobertura. Essa perda de sedimento também traz sérios problemas, pois estará removendo a camada fértil do solo e transportando fertilizantes e defensivos agrícolas que irão contaminar os rios, barragens, lagos e baixadas. Castro (1991) estimou que em todo território paulista são perdidos anualmente cerca de 650.000 Mg de corretivos de fertilizantes NPK. Estima-se também que 80% da área cultivada neste Estado estejam sofrendo processo erosivo acima do tolerável.

Em Minas Gerais, Belotti e Oliveira (2004) encontraram para duas áreas com plantio de milho em Cambissolo no Município de Brumadinho (MG), perdas de solo da ordem de 8,1 e $14,2 \text{ Mg ha}^{-1}$, respectivamente quando se levou em consideração o aspecto conservação do solo e quando isto não foi feito.

Em Uberlândia (MG), Reis (2007) realizou o monitoramento dos processos erosivos e a dinâmica hidrológica, bem como de sedimentos de uma voçoroca, verificando durante uma precipitação do período chuvoso de 2004/2005 registros de transportes de blocos de até 300 mm de diâmetro.

Neste âmbito de estudos, no Brasil tem sido observada com grande frequência a ocorrência de chuvas capazes de provocar sérios prejuízos como quedas de barreiras nas estradas, deslizamentos em encostas de morros, assoreamento de rios e enchentes causando mortes e deixando várias famílias desabrigadas (HERNANI *et al.*, 2002). Sendo assim, o manejo adequado do solo e da água buscando reduzir o escoamento superficial por meio do aumento da sua infiltração no solo, e conseqüente reabastecimento do lençol freático, representa uma prática fundamental para melhorar o aproveitamento das chuvas, minimizando os picos de vazão e reduzindo o déficit de água nos períodos de estiagem.

Dentre as diversas tecnologias desenvolvidas nas últimas décadas objetivando a redução na utilização de insumos e a diminuição da degradação do solo ou impacto ambiental das atividades agrícolas, as técnicas de manejo conservacionistas, a de agroflorestas e a agricultura de precisão são as que provavelmente apresentaram os resultados mais positivos.

As técnicas de manejo conservacionistas, como a de plantio ou semeadura direta, representam as mudanças mais importantes da história da agricultura moderna. Essas técnicas possibilitam uma diminuição drástica no risco de erosão, com a manutenção ou

mesmo incremento na produtividade e diminuição dos custos de produção. Elas foram introduzidas nos EUA e são largamente utilizadas atualmente na América do Sul, Austrália e Europa (menos extensivamente). Cerca de 37% das terras agricultáveis nos EUA são atualmente manejadas por técnicas conservacionistas (LAL *et al.*, 1999).

No Brasil adoção desta técnica de plantio teve início nos anos 70 no Sul do país, porém, há ainda um importante espaço para o avanço do plantio direto e, associado com o sistema de integração lavoura-pecuária, poderá incorporar novas áreas no Brasil, consolidando ainda mais a posição de destaque em práticas de manejo agrícola sustentável em regiões tropicais (NETO *et al.*, 2007).

1.3.6 Evolução da Recuperação de Áreas Degradadas no Brasil

A recuperação de áreas degradadas pode ser tratada como uma prática que perpassa o manejo ecológico dos ecossistemas, dos níveis mínimos de biodiversidade e da variabilidade na estruturação dos procedimentos ecológicos juntamente com os socioambientais, tendo evoluído deste o século XIX, registrando-se o reflorestamento por Major Manoel Gomes Archer e seis escravos que plantaram 60 mil mudas em uma área de 16 milhões de metros quadrados na Floresta da Tijuca (RJ), decorrendo então em uma crescente onda de interesse correlacionada ao desenvolvimento desta temática no Brasil (MASULLO *et al.*, 2008)

A história da recuperação de áreas degradadas no Brasil inicia-se na década de 80, com o projeto de pesquisa desenvolvido em cooperação entre a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (ESALQ – USP), com a liderança do prof. Dr. Paulo Yoshio Kageyama, e o Departamento de Águas e Esgoto do município de Piracicaba. Este projeto teve por objetivo estudar as cabeceiras do Rio Corumbataí e desenvolver uma análise sobre matas ciliares, desenvolvendo técnicas de recuperação (KAGEYAMA *apud* COSTA, 2006).

A prática da restauração ecológica foi tomando espaço na pesquisa Brasileira na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA e alguns grupos de pesquisa foram formados, entre os quais merecem destaque os trabalhos da Embrapa Cerrados, com restauração de áreas de mata de galeria e outras fisionomias de Cerrado; da Embrapa Agrobiologia, com recuperação de áreas mineradas e metodologias de baixo custo

aplicadas à recuperação de área com voçorocas; bem como da Embrapa Florestas, cujo foco principal é a restauração de ambientes florestais fluviais.

Neste âmbito da pesquisa voltada para ambientes degradados pode-se considerar que a evolução foi significativa, entretanto, há muito a progredir para ser algo acessível do ponto de vista econômico à população rural e urbana

1.4 MEDIDAS DE CONSERVAÇÃO DO SOLO

Nas regiões brasileiras de clima temperado, tropical e subtropical úmido, em razão das características de distribuição e de intensidade das chuvas, há probabilidade de ocorrência de precipitação pluvial com potencial para formar enxurrada (DENARDIN, 1980). A retenção da água neste caso é conseguida pelo uso adequado de práticas que aumentem sua infiltração como o terraceamento em nível, ou a construção de pequenas barragens de terra ou de outro material.

Neste contexto, o sistema de plantio direto, que na atualidade representa o manejo conservacionista de solo mais adotado no País, não tem sido implementado com a plenitude conceitual que o expressa, ou seja, uma ferramenta da agricultura conservacionista para conter o potencial erosivo de chuvas intensas ocorrentes nas diversas regiões do Brasil, principalmente no Rio Grande do Sul (DENARDIN *et al.*, 2002; 2004).

Outra observação refere-se à frequência alarmante em relação à observância apenas parcial das práticas conservacionistas requeridas para as condições edafoclimáticas, produzindo condição insuficiente para conter o potencial erosivo de chuvas, de maneira que, isoladamente a prática conservacionista não é suficiente para controlar integralmente a erosão hídrica.

Por isso, a associação de práticas conservacionistas com eficiência para impor barreira física ao livre escoamento do deflúvio superficial, assume relevância em topossequências configuradas por declives acentuados. Desta forma, devemos promover ações orientadas à implementação de práticas conservacionistas complementares à cobertura de solo, como meio para o efetivo controle da erosão hídrica e para a sustentabilidade da agricultura nas diversas regiões do Brasil.

Essas constatações vão de encontro à Bertol *et al.* (1996) quando afirmam que qualquer prática conservacionista capaz de manter o comprimento de rampa restrito a limites em que a cobertura de solo não perca eficiência na dissipação da energia cisalhante da enxurrada, contribuirá para minimizar o processo erosivo e os problemas dele decorrentes.

1.4.1 Terraceamento

A segmentação de declives por terraços, cordões vegetados e culturas em faixas constitui tecnologia tradicional para amenizar problemas de erosão hídrica.

Terraços são estruturas hidráulicas conservacionistas, compostas por um camalhão (monte de terra ou dique) e um canal (valeta), construídas transversalmente ao plano de declive do terreno. Essas estruturas mecânicas, cuja construção envolve movimentação de terra, permite a contenção de enxurradas forçando a absorção da água da chuva pelo solo, ou a drenagem lenta e segura do excesso de água, assim, disciplinando-a mediante infiltração no canal do terraço (terraços de absorção) ou condução para fora da lavoura (terraços de drenagem) (PIRES; SOUZA, 2006).

No entanto, o importante está no objetivo fundamental do terraceamento que é reduzir a concentração e velocidade da enxurrada, dando à água, maior tempo para infiltração e limitando a sua capacidade erosiva. Estudos citados por Pires e Souza (2006), mencionam que esta técnica pode reduzir a perda de solo em até 70-80%, e a de água em até 100%, uma vez que é uma das práticas mais antigas e eficientes no controle da erosão, desde que criteriosamente dimensionado, executado e conservado. Neste parâmetro, faz-se necessário ressaltar que um terraço mal construído poderá ocasionar muito mais danos do que benefícios. Isso se dá pelo fato de que, quando um terraço se rompe, a água nele armazenada em grande volume terá maior capacidade de provocar sulcos de erosão e até voçorocas, podendo levar à inutilização da área.

Desta forma, a determinação do terraço está intimamente vinculada ao tipo de solo, à declividade do terreno, ao regime pluvial, ao manejo de solo e à modalidade de exploração agrícola, sendo mais eficiente quando usado em combinação com outras práticas (MACHADO, 2007).

Relevante lembrar, que muitas vezes associa-se o termo conservação apenas com o reflorestamento da área, isso porque como citam Pires e Souza (2006), a cobertura de solo

com plantas vivas ou com resíduos de plantas, possui potencial para reduzir em até 100 % a energia erosiva das gotas de chuva, contudo, não apresenta essa mesma eficácia para dissipar a energia erosiva da enxurrada que flui na superfície do solo. Dernadin *et al.*, (2005) compartilham da mesma opinião dos autores acima, explicando que a partir de determinado comprimento de declive, as culturas e/ou os restos culturais, bem como o solo, terão seus potenciais de dissipação de energia superados, permitindo a flutuação e o transporte de resíduos e o sulcamento do solo por baixo desses resíduos.

Neste sentido, Machado (2007) trabalhando na recuperação de voçorocas no Rio de Janeiro dentre outras práticas, consorciou a técnica de terraceamento juntamente com o cultivo em contorno de espécies florestais, obtendo resultados satisfatórios.

1.4.2 *Mulching* Vertical

Dentre as inúmeras práticas conservacionistas destinadas a esse fim, além do terraceamento, o *vertical mulching* (RIGHES *et al.*, 2002a, b; DENARDIN *et al.*, 2005; DENARDIN e KOCHHANN, 2006a, b) poderá vir a constituir nova opção para aplicação em áreas de pastagem ou manejadas sob sistema plantio direto, por ter apresentado, em ensaios sob chuva simulada e natural, potencial para reduzir em cerca de 76% o deflúvio superficial (RIGHES *et al.*, 2002a, b).

O *mulching* vertical é fundamentado no aumento da taxa de infiltração de água no solo e constituído por sulcos com dimensões de 7,5 a 9,5 cm de largura por 40 cm de profundidade, dispostos em nível, ou seja, perpendicularmente ao declive do terreno, preenchidos com palha.

Em decorrência do atual estágio do estudo, a indicação do *mulching* vertical está sendo limitada a solos bem drenados e a áreas específicas de lavouras manejadas sob sistema de plantio direto com declives propensos à concentração de enxurrada e/ou com problemas evidentes de erosão, em que os sulcos são preenchidos com palha disponível na propriedade rural ou no mercado regional.

Avaliações da eficiência desta técnica para o manejo de enxurrada, em um solo Podzólico Vermelho Amarelo, em Santa Maria, RS, evidenciaram que a adoção desse

procedimento conservacionista reduziu em 52% a taxa do escoamento superficial (NISHIJIMA; RIGHES, 1987). Nesse mesmo estudo foi observado que a implementação do *mulching* vertical contribuiu para reduzir em 77% as perdas médias de matéria orgânica presente nos sedimentos carregados pela enxurrada (DOTTO; RIGHES, 1989).

De forma semelhante, estudos realizados em Passo Fundo-RS com Latossolo Vermelho Escuro, manejado sob sistema plantio direto, estudos relativos a esse potencial indicaram que o *mulching* vertical, além de retardar consideravelmente, o tempo de início da enxurrada, reduziu, em até 54%, a intensidade do deflúvio superficial, quando chuvas de 111 mm h^{-1} foram simuladas em parcelas experimentais com 22 m de comprimento. Para chuvas de intensidade inferior a 70 mm h^{-1} , o *mulching* vertical, com espaçamentos de até 10 m, proporcionou controle total da enxurrada (HERBES *et al.*, 2004).

Esses resultados inferem que o *mulching* vertical apresenta potencial para integrar o elenco de técnicas conservacionistas indicadas para o manejo de enxurrada, demandando, no entanto, de validação em escala de lavoura para transformar-se em tecnologia-solução pronta para uso (PIRES; SOUZA, 2006).

Portanto, conforme mencionado anteriormente qualquer prática conservacionista complementar capaz de manter o comprimento do declive dentro de limites em que a cobertura de solo não perca eficácia na dissipação da energia incidente, automaticamente estará contribuindo para minimizar o processo de erosão hídrica.

1.5 MEDIDAS E TECNOLOGIAS VEGETATIVAS

1.5.1 Revegetação em Áreas Degradadas

A revegetação de áreas degradadas é fundamental para melhorar os atributos físicos e químicos do solo, além de fornecer através da cobertura vegetal, a proteção necessária para diminuir a perda de sedimentos por erosão, destacando, neste caso a erosão hídrica. Conforme Macedo (1992), a degradação de solos agrícolas vem acontecendo de diferentes maneiras, sendo as principais causas a diminuição de matéria orgânica do solo (MOS), a exportação de nutrientes com as colheitas, a lixiviação e a compactação dos solos por máquinas e superpastoreio.

Nos últimos anos, um dos métodos que tem apresentado bastante sucesso na recuperação de áreas degradadas, é o vegetativo com técnicas edáficas e biológicas, através da revegetação das áreas com espécies leguminosas fixadoras de nitrogênio (N) (FRANCO *et al.*, 1992), associadas com microrganismos e aliado a adubação com fontes de fósforo e micronutrientes de baixa solubilidade (FRANCO; DÖBEREINER, 1994; DÖBEREINER, 1978), aliada a diferentes tecnologias que vêm sendo desenvolvidas com o objetivo de recuperar áreas degradadas em seus diferentes tipos e estágios de degradação.

A principal preferência pelo uso das espécies leguminosas se deve à característica especial que elas possuem em relação às outras, que é a capacidade de se associarem com microrganismos do solo, como bactérias fixadoras de nitrogênio, denominadas de rizóbio, que são capazes de transformar o nitrogênio do ar, em compostos nitrogenados assimiláveis pelos vegetais, podendo tornar a planta parcial ou totalmente independente do aporte externo desse nutriente (FRANCO *et al.*, 1992). Outra associação muito importante é a que ocorre com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs). Esses microrganismos, através de suas hifas, aumentam a área de contato e o volume de solo explorado pelas raízes das plantas, aumentando assim, a absorção de água e nutrientes com destaque para o elemento fósforo, por sua baixa disponibilidade nos solos tropicais (SIQUEIRA; FRANCO, 1988).

Estas pesquisas estão em concordância com Siqueira *et al.* (1994), quando afirmam que o estabelecimento de árvores em áreas degradadas promove o incremento de C-CO₂ ao solo pela via fotossintética, favorecendo a ação de microrganismos que irão contribuir para a formação de simbioses radiculares, promovendo a melhora no estado nutricional e tolerância da planta hospedeira às condições de estresse a que estiver submetida.

Com as leguminosas de crescimento rápido implantadas, ocorre a adição de matéria orgânica na área através da deposição de folhas e galhos senescentes, favorecendo a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do substrato, e possibilitando que espécies de árvores mais exigentes em sombra, fertilidade do solo e umidade de outros locais, colonizem o local, caso exista fontes de propágulos e agentes dispersores (CAMPELLO, 1998), e, com isso acabam favorecendo o retorno da fauna e flora local e a melhoria do ambiente.

Quanto à função da vegetação no controle da erosão, Figueiredo e Bahia (1998), afirmam que a cobertura vegetal proporciona amortecimento do impacto das águas de

chuvas sobre o solo, constituem-se em barreira física ao transporte de material, proporciona uma estrutura mais sólida ao solo devido ao sistema radicular, eleva a porosidade, e, com isso a capacidade de absorção de água.

Em relação aos efeitos das raízes na estabilização do solo, Gray (1989) relata que o reforço radicular promove transferência das forças de cisalhamento do solo para tensão das raízes, ancoramento da massa de solo em estratos firmes em baixo (fraturas de rochas) aumentando a resistência das encostas ao deslizamento.

Neste sentido, as leguminosas representativas das pastagens tropicais estão incluídas na sua maioria, na subfamília *Papilionaceae* da família *Leguminosae* (HARTLEY, 1954). Nos solos de cerrado, destacam-se como de maior ocorrência e potencial forrageiro os gêneros: *Stylosanthes*, *Desmodium*, *Centrosema*, *Arachis*, *Galactia*, *Calopogonium*, *Dolichos*, *Vigna*, *Zornia* e *Macroptilium*. Além destes gêneros, outras espécies têm sido introduzidas e se adaptado bem aos cerrados, como *Pueraria phaseoloides* Benth, variedade javânica e *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. (COSTA; CURADO, 1980).

Em resumo, Crush *et al.*, (1983) afirmam que a introdução de leguminosas forrageiras representa ainda, uma forma de elevar efetivamente a fertilidade do solo, através da incorporação anual, de grandes quantidades de N, com a conseqüente estimulação da reciclagem de outros nutrientes.

Entre as leguminosas tropicais, tem sido desenvolvidos estudos com a *Macrotyloma axillare* (E. Mey), Java forrageira, cuja Genealogia é *M. axillare* cv. Archer e *M. axillare* cv. Gutá, originária da Indonésia (Ilha de Java) e *Arachis pintoi*, de surgimento espontâneo em algumas área da Bahia e região Norte do Brasil.

Macrotyloma axillare (Java) e *Arachis pintoi* (amendoim forrageiro), ambas atualmente estão entre as mais utilizadas para recuperação de pastagens degradadas, por se associarem bem com gramíneas e possuir boa digestibilidade para o animal. Estas plantas são de ciclo perene que se adaptam às regiões tropicais e subtropicais livres de geadas, sendo também resistentes à seca, possuindo grande vigor. Também, estas espécies apresentam rápido crescimento, conseguindo bom estabelecimento e boa rebrota após corte (SILVA et al., 2006) possibilitando a inserção destas plantas num programa que vise a revegetação de ambientes degradados. Sendo importante considerar, aqui, que grande parte

das espécies vegetais desenvolvidas com finalidade de recuperação do solo, são espécies arbóreas, sendo reduzido o relato de herbáceas.

Em revegetação de voçorocas os problemas são semelhantes a outros tipos de áreas degradadas, como a perda da camada de solo superficial e a maioria dos nutrientes disponíveis às plantas. No entanto, dentro das voçorocas a perda de solo pode ser mais grave devido à exposição do subsolo ou da própria rocha mãe (MACHADO *et al.*, 2007). Neste sentido, o N e o P estão entre os nutrientes mais requeridos pelos vegetais, e aliado a isso, a disponibilidade deles em solos degradados devido à perda de matéria orgânica é muito baixa, o que limita o crescimento vegetal, e conseqüentemente, a cobertura da área (FRANCO *et al.*, 1992; RESENDE *et al.*, 2006).

Neste aspecto, o processo de recuperação do solo em condições de degradação deve ter como princípio básico o retorno de condições mínimas para o estabelecimento e crescimento das plantas, no entanto, a recuperação destas áreas deve garantir também um nível de renda compatível com o investimento requerido para a sua recuperação, fazendo necessária a adoção de tecnologias simples, de baixo custo e apropriadas ao uso dos produtores rurais (MACEDO, 1992).

Importante mencionar, que o uso de espécies de uma única família botânica é questionado por alguns autores como Reis *et al.* (1996); Kageyama *et al.* (1994), que consideram importante ter a diversidade original do ecossistema como modelo, para não se correr o risco de inibição do processo de sucessão que completaria o de recuperação.

METODOLOGIA DO ESTUDO

A metodologia para realização da pesquisa foi dividida em etapas que levaram em consideração o diagnóstico da área no que diz respeito às características dos processos erosivos ocorrentes. Ainda, a compilação de alguns trabalhos de natureza semelhantes para escolhas das medidas a serem implantadas com os recursos à que se tinha acesso. A Figura 2 representa os métodos adotados e a Figura 4 a instalação das medidas em campo.

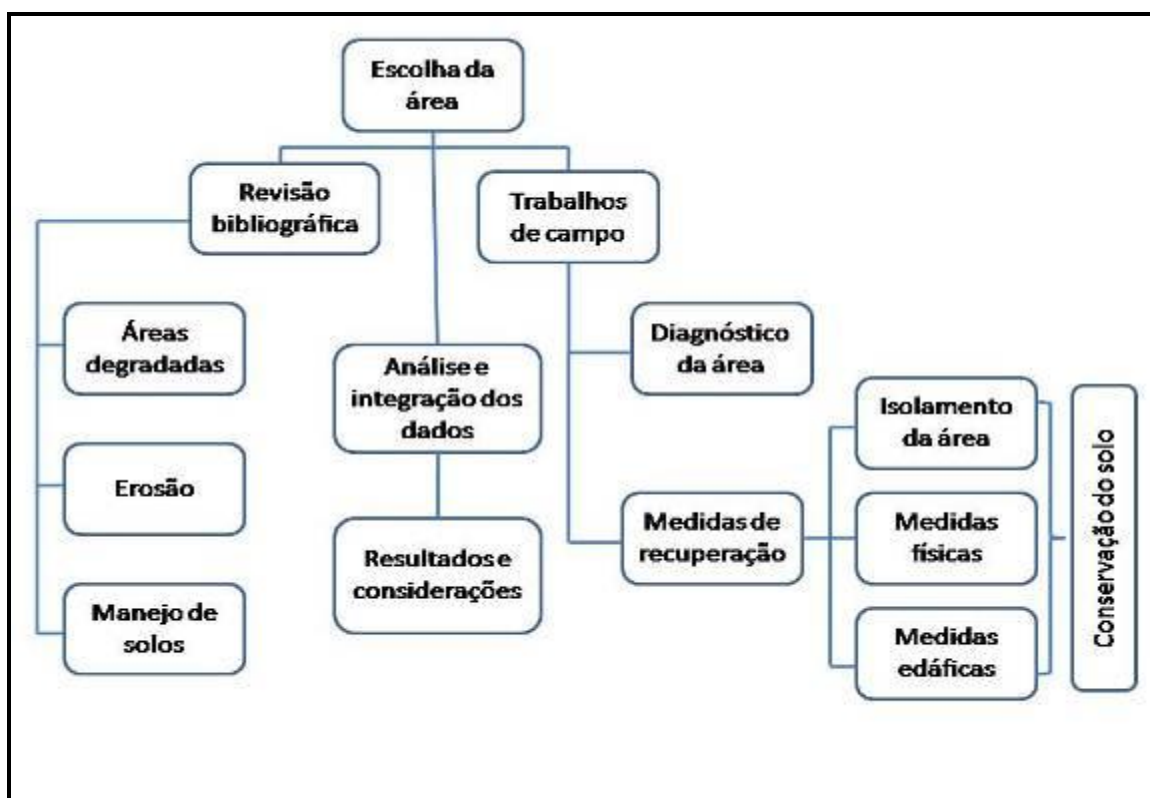


Figura 2 – Fluxograma das etapas da metodologia abordada.

1.1 ETAPAS DO ESTUDO

1.1.1 Caracterização do material “solo” da área de estudo

Conforme apresentado na Figura 2 o primeiro passo foi a análise visual do terreno em que procurou-se identificar o solo presente na área de estudo, a fim de aliar informações que pudessem contribuir com o entendimento do processo de degradação. Esta etapa do trabalho constou do reconhecimento de horizontes / camadas da cobertura pedológica remanescente mediante a preparação de dois perfis (Perfil₁ e Perfil₂) Figura 3.

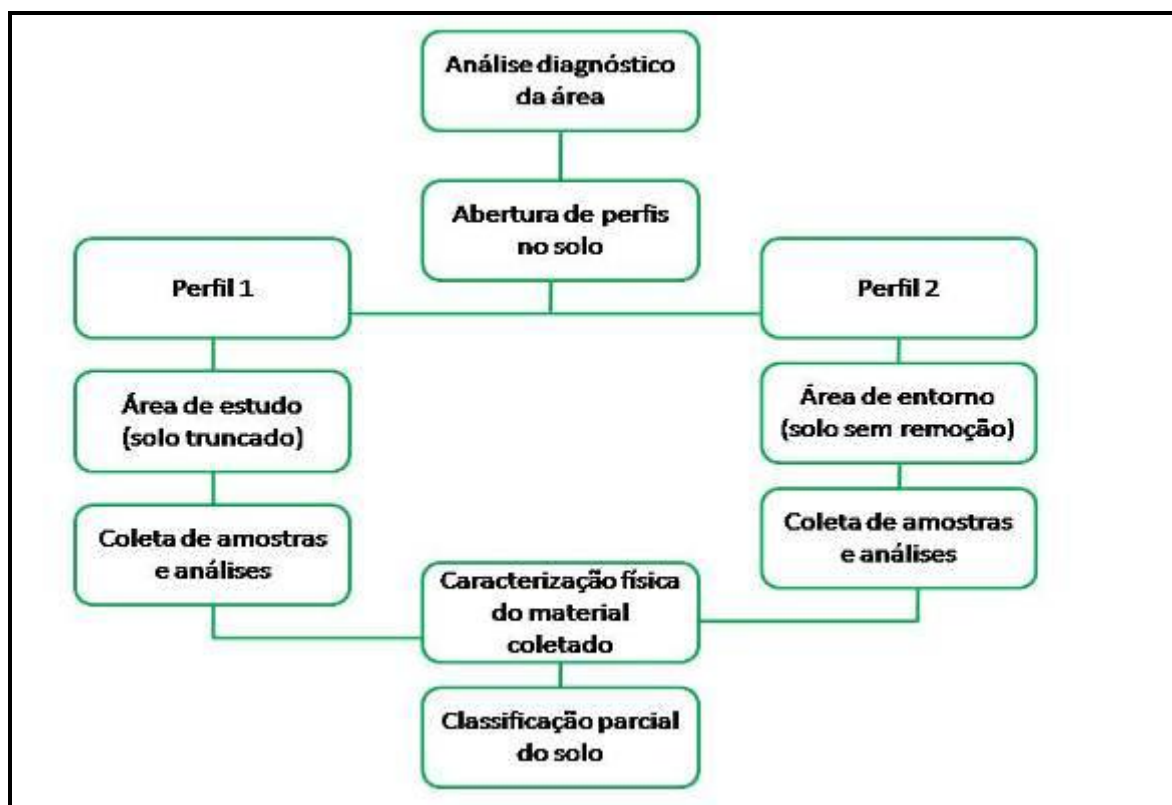


Figura 3 - Fluxograma das etapas da metodologia adotada para classificar o material presente na área em estudo.

O perfil₁ foi feito no barranco de um dos canais erosivos secundários, onde cada camada ou horizonte, bem como, o horizonte Bw (cabeceira da voçoroca), foram

amostrados em função de diferenças estruturais e macroscópicas, para análises de caracterização física do material amostrado.

As amostras foram coletadas nas profundidades em centímetros de 0-54; 54-78; 78-105; 105-129; 129-148 (canal secundário-CS) e 45-70 cm (cabeceira da voçoroca principal-VP) e encaminhadas para análises conforme EMBRAPA (1997). Utilizou-se para tal, as instalações dos Laboratórios de Geomorfologia e Erosão do Solo (LAGES) do IG-UFU; Manejo e Conservação do Solo (LAMAS) e Fertilidade do Solo, ambos, do ICIAG - UFU.

Um segundo perfil (Perfil₂) foi aberto em um local próximo aos canais secundários em estudo, onde a camada de cascalho encontrava-se pouco removida e a vegetação conservada.

1.1.1.1 Caracterizações química e física do material amostrado na parte externa e interna dos canais erosivos em estudo.

Para indicar a atual condição da fertilidade do solo da área, a fim de fornecer informações fundamentais para implantação das tecnologias edáficas (inoculação das sementes e adubação das mudas) a serem implantadas, bem como, registrar a situação local antes das intervenções, foram retiradas amostras aleatórias de 20 e 40 cm de profundidade na parte externa dos CS em estudo.

Na parte interna, para a avaliação do material transportado (sedimentos carregados) foram retiradas amostras de 20 cm e encaminhadas ao ICIAG-UFU para análises químicas e físicas.

1.1.2 Implantação das medidas de controle e avaliação da erosão

Esta etapa objetivou a implantação de um conjunto de tecnologias mecânicas, vegetativas e edáficas para contenção do processo erosivo. Para tanto, conforme demonstrado na (Figura 4) as medidas foram instaladas+ na área de entorno **(A)**, bem como, na seção interna **(B)** dos CS.

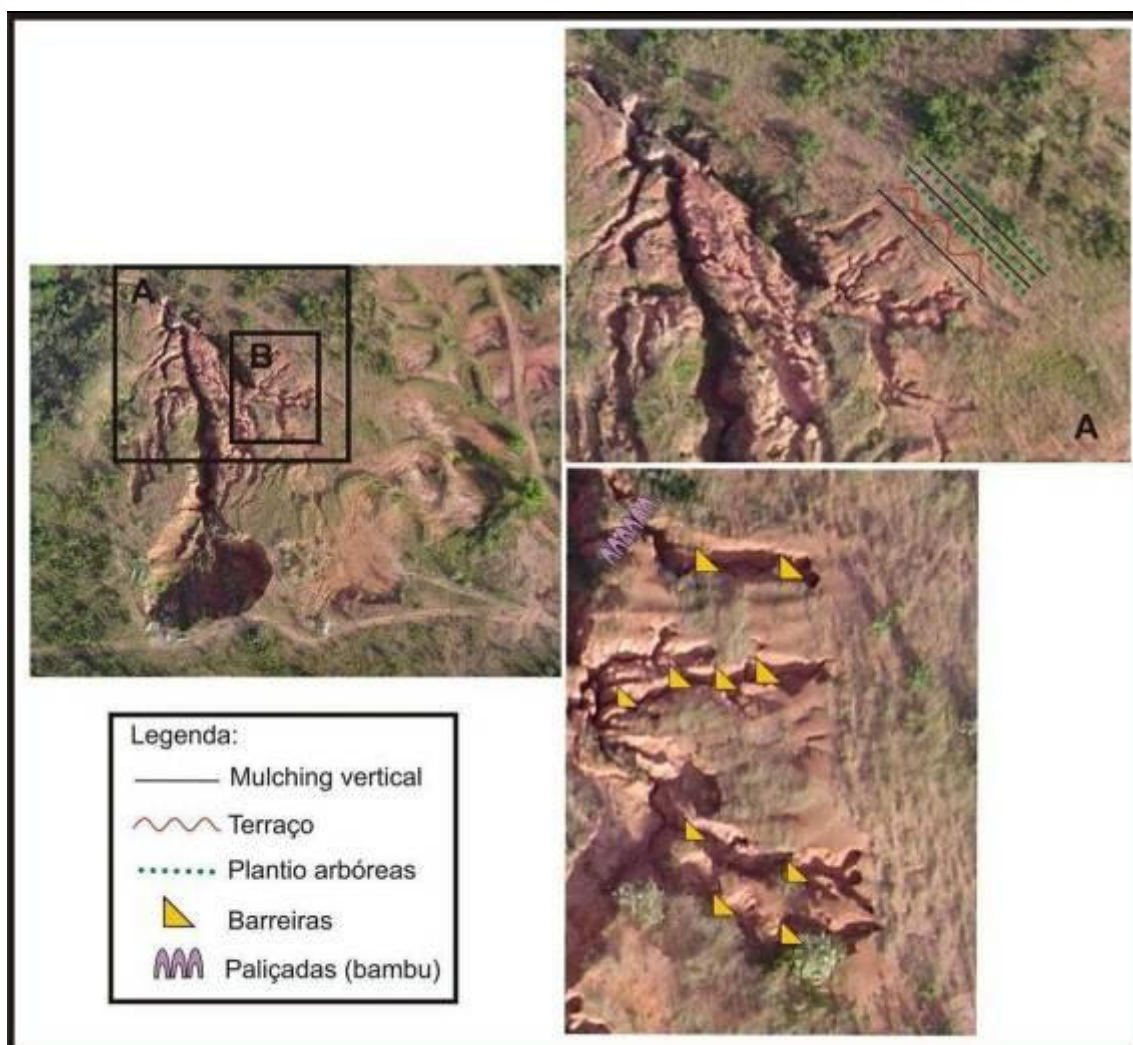


Figura 4 - Representação e localização das técnicas de recuperação implantadas na área de estudo: A - Área de entorno; B - área interna dos canais secundários em estudo.

1.1.2.1 Isolamento da área de estudo

Foi realizado o isolamento da área de estudo do pastoreio dos animais através de cerca de arame e construção de aceiros contra queimadas. Esta prática objetivou o isolamento não apenas do espaço referente a esta pesquisa, mas também de grande parte da área de contribuição e entorno da voçoroca principal (Figura 1), onde discentes do LAGES-IG/UFU também realizam pesquisas.

1.1.2.2 Medidas Físicas

a) Entorno

Conforme ilustração presente na (Figura 4-A), implantou-se na área de entorno (externa) duas estruturas físicas/mecânicas com potencial para proporcionarem o aumento da infiltração e conseqüentemente a diminuição do fluxo turbulento que chega ao interior dos CS.

As técnicas escolhidas foram (terraço e *mulching* vertical) implantadas na área de contribuição, seguindo a recomendação técnica presente em (PIRES; SOUZA, 2006; MACHADO *et al.*, 2007):

Terraço

Com auxílio de trator acoplado a uma grade foi dimensionado um terraço em nível do tipo base estreita. A avaliação desta medida foi o registro fotográfico após eventos chuvosos.

Mulching vertical

Para dar suporte ao terraço, foram construídos intercalados a este, três *mulching* verticais distanciados de forma a contemplar toda parte de contribuição dos CE.

Assim, foi utilizada uma picareta, resultando em sulcos de 11cm de largura e 40cm de profundidade.

A avaliação desta medida se deu pela obtenção da umidade do solo em um dos *mulching* na ausência de chuva, através do método padrão da secagem da amostra em estufa.

Assim, foram coletadas amostras nas profundidades de 20 cm e 40 cm em dois pontos do terreno. De tal modo, que o primeiro ponto (P₁) contemplava um local fora da área do *mulching* considerado (testemunha) e o segundo ponto (P₂) distanciados a um metro da estrutura.

b) Parte interna

Nesta fase, o objetivo foi o barramento dos sedimentos gerados e carregados na parte interna dos CE, através de estruturas com materiais de baixo custo (sacos de rafia e paliçadas de bambu), conforme metodologias presentes em Machado *et al* (2006).

Paliçadas e sacos de terra

Na parte interna dos canais erosivos foi realizada a manutenção das barreiras físicas (sacos com terra) já existentes, sob as quais Serato *et al* (2008) coletou dados de parte dos sedimentos acumulados, através da mensuração da altura utilizando vergalhões de ferro instalados próximo as barreiras (ver ANEXO C₂).

Em um primeiro momento, a idéia foi à reinstalação destes vergalhões e continuidade das mensurações iniciadas pelo autor supracitado. Entretanto, por diversos fatores (instabilidade das paredes e desoniformidade dos CS, manejo durante as fases da revegetação interna etc) algumas dificuldades foram encontradas, sobretudo, em instalar uma estrutura que indicasse a perda de sedimentos.

Desse modo, procurou-se determinar algumas variáveis qualitativas através de registros fotográficos que estariam correlacionadas à contenção do processo erosivo através do barramento interno de sedimentos carreados.

O método de avaliação desta etapa foi o indireto porque se deu através do registro fotográfico e amostragem do material (granulometria) retido na área das barreiras.

Apenas em um dos CS, cujas paredes apresentavam-se menos propensas a desmoronamentos, foi possível a implantação da paliçada de bambu.

1.1.2.3 Medidas Edáficas (Tecnologia Vegetativa)

Associado às técnicas mencionadas anteriormente, iniciou-se as atividades referentes à revegetação dentro e fora dos canais, visando aumentar a vida útil das práticas e reduzir a evolução da erosão.

Nesta etapa a expectativa foi selecionar espécies que além de se estabelecerem nas condições de (baixa fertilidade), apresentassem também rápida cobertura vegetal da área aliada à deposição de serapilheira.

Assim, trabalhou-se com espécies arbóreas na parte externa dos CS e espécies herbáceas na parte interna, a fim de analisar no período da pesquisa, o potencial das mesmas para os objetivos propostos. A seguir, a demonstração da metodologia adotada para implantação das técnicas biológicas (Figura 5).

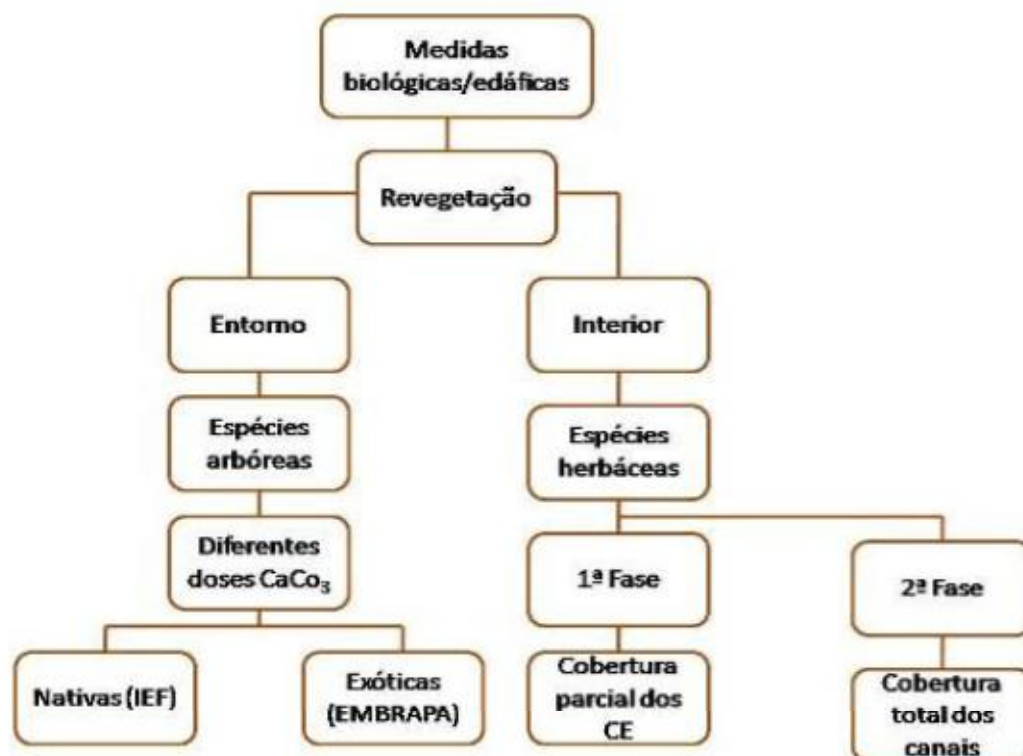


Figura 5 – Demonstração das medidas vegetativas (biológicas e edáficas).

a) Revegetação: Entorno

Na parte externa aos CS foram implantadas oito espécies arbóreas, sendo cinco de boa ocorrência nos diversos ambientes brasileiros (algumas no Cerrado), e quatro exóticas.

A aquisição das mudas nativas (com excessão da *Mimosa artemisiana* – Jurema branca) foram aquelas que na época estavam disponíveis para doação no Instituto Estadual de Florestas-IEF na cidade de Uberaba-MG, as quais segundo esta Instituição possuem freqüente ocorrência e adaptação na região. Na Embrapa Agrobiologia foram adquiridas sementes de quatro espécies leguminosas, as quais foram inoculadas com microorganismos do solo, rizóbios (bactérias fixadoras de nitrogênio) juntamente com fungos micorrízicos e produzidas às mudas.

Conforme pode ser observado nos resultados da análise química do solo (ver ANEXO A), a área possui elevados teores de alumínio (Al^{3+}) e reduzidos de matéria orgânica (MO), entre outros elementos essenciais ao crescimento das plantas.

Por esta razão, esta parte do estudo através da aplicação de calcário dolomítico (CaCO_3) nas covas de plantio, visou além da avaliação do estabelecimento das espécies, também tentar obter dados que demonstre o efeito do uso de corretivos na área (Figura 5).

As variáveis analisadas foram o diâmetro do caule, largura da copa e altura da planta aos 02 meses, aos 04 meses e 12 meses do plantio.

As plantas foram conduzidas na ausência de irrigação, os resultados submetidos à análise de variância e comparados pelo teste de Scott - Knott a 5% de probabilidade.

1.1.2.4 Implantação das mudas

O plantio das espécies arbóreas foi realizado em fevereiro de 2009. A adubação nas covas de plantio teve por base a análise da fertilidade do solo (ANEXO A) com algumas considerações por se tratar de áreas degradadas.

Em campo, as mudas receberam a identificação como: ESPÉCIES (E), de E1 à E8. Para simplificar será feito referência às exóticas pelo nome científico a às nativas pelo nome comum (popular). Desta forma: E1(*Acacia mangium*); E2(*Gliricidia sepium*); E3(Jurema branca-*Mimosa artemisiana*); E4(*Acacia auriculiforme*); E5(Gonçalo Alves-*Astronium fraxinifolium*); E6 (Mutamba- *Guazuma ulmifolia*); E7 (Angico vermelho-*Anadenanthera macrocarpa*) e E8 (Ingá- *Inga edulis*).

Na adubação das covas, cada uma recebeu 50 g de Termofosfato; 15 g FTE Br 12, o qual possui (9 % Zn; 1,8 % Boro; 0,8 % Cu; 2% Mn; 3,5% Fe; 0,1% Mo) e 01 Litro de esterco curtido.

Quanto às doses de Calcário Dolomítico (Ca e Mg), foram usadas quatro doses diferentes, representadas por: DOSES (D) = gramas (g) de CALCÁRIO (CaCO_3) por Cova:

D1= 0 (CaCO_3); **D2**= 50g (CaCO_3); **D3**= 100 g (CaCO_3); **D4**= 200 g (CaCO_3).

Assim, das oito espécies usadas cada uma recebeu quatro doses diferentes de calcário (CaCO_3) resultando em 32 tratamentos com duas repetições. O delineamento experimental para plantio foi inteiramente casualizado (DIC), no qual as estacas foram

numeradas e distribuídas aleatoriamente no campo, indicando a espécie e a dose de CaCO_3 usada.

b) *Revegetação: Interna*

Na parte interna dos CS ocorre intenso desmoronamento das paredes, conseqüentemente, grande produção de sedimentos apesar das contenções da erosão instaladas à montante.

Na tentativa de diminuir os problemas supracitados e fornecer cobertura vegetal em menor tempo ao solo, a implantação da revegetação interna foi dividida em duas fases:

Na primeira fase, procurou-se comparar o desenvolvimento de duas espécies leguminosas herbáceas, a fim de identificar àquela que apresente maior potencial de cobertura do solo. Para segunda fase, o objetivo foi implantar em toda a extensão dos canais erosivos, àquela que no experimento anterior apresentasse os melhores resultados.

Desta forma, em um primeiro momento as espécies usadas foram *Macrotyloma axillare* (Java leguminosa) e *Arachis pintoii* (Amendoim forrageiro). Para semeadura foram construídos no interior dos quatro CS, canteiros triangulares de madeira com dimensões 1,0 x 1,0 m, seguindo a recomendação técnica para cada espécie no que diz respeito ao espaçamento e profundidade. A adubação foi semelhante à usada para espécies arbóreas diferindo em alguns aspectos.

Na adubação da segunda semeadura, em toda a extensão dos canais e incorporado através de revolvimento superficial.

A primeira semeadura foi realizada em dezembro de 2008. As variáveis analisadas foram diâmetro do caule e altura da planta aos 30 e 120 dias da semeadura, através de paquímetro digital e régua graduada respectivamente, sendo que este estudo foi conduzido na ausência de irrigação. Ao final, fez-se a comparação das médias.

A segunda semeadura (definitiva) foi feita em dezembro de 2009, para avaliação desta, além do crescimento médio em altura e diâmetro do caule, foram obtidos quando a planta ocupou toda a extensão do canal, a altura da área foliar (parte aérea) e os valores de matéria / massa seca (MS) e verde (MV) também da parte aérea proporcionados pela planta.

A coleta foi realizada pelo método do quadrado médio de amostragem, pesagem do material verde e posterior secagem do mesmo em estufa.

3.1.3 Precipitação no período: avaliação da evolução da erosão

Nesta parte que engloba o período final deste estudo, tendo por base os trabalhos iniciados por Leal *et al* (2008), conforme pode ser observado através do (ANEXO B) os autores mostram o monitoramento da evolução da erosão na bordas, através do estaqueamento da voçoroca principal e as feições erosivas à ela interligadas. De modo que, entre os locais estudados incluem os canais secundários em estudo.

Para o monitoramento, os autores escolheram 16 pontos mensurados entre agosto de 2007 a fevereiro de 2008.

No ensejo da continuidade destes monitoramentos que estão sendo realizados desde novembro de 2009, procurou-se reunir alguns subsídios que possam indicar que o processo de estabilização das voçorocas em estudo esteja ocorrendo após todas as medidas conservacionistas instaladas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

1.2 CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL “SOLO” NA ÁREA DE ESTUDO

Foram determinadas algumas variáveis físicas mais diretamente relacionadas ao maior ou menor ritmo de evolução do processo de expansão das voçorocas secundárias (CS) em estudo.

Os atributos físicos dos solos das incisões erosivas em estudo estão apresentadas nas Tabelas (1, 2 e 3) e Figuras (6 e 7).

Este estudo foca essencialmente canais secundários (voçorocas menores), os quais evoluem lateralmente em áreas que tiveram a remoção da porção superficial do solo, constituída de seixos rolados. Verifica-se através das Tabelas (1, 2 e 3) que, excluída a porção superficial do solo, constituída essencialmente de calhaus (frações de tamanho entre 2-20 cm), o material restante, assim como o solo alcançado pela cabeceira da VP apresentam constituição essencialmente arenosa, com cerca de 70 % de areias.

Esta característica textural implica em alta friabilidade do solo o que propicia sobre maneira a expansão da voçoroca. Coerentemente, observa-se (Tabelas 1 e 2) que a relação silte/argila é menor nos horizontes pedogenéticos (Bw e BC) do que nas camadas (2, 3, e 5C).

Tabela 1 - Algumas características físicas de horizontes/camadas expostos pelo voçorocamento dos canais erosivos (solo truncado) em área de estudo na Fazenda Glória, Uberlândia-MG.

Horizontes	Prof. (cm)	Dr (g/cm³)	Da (g/cm³)	P total (%)	Ag	Af	Silte	Arg.	Sil/Arg	Cascalho	Calhaus
					g kg ⁻¹						
BC	0-54	2,6	-	-	250	450	40	260	0,15	26%	5%
2C	54-78	2,48	-	-	230	470	100	200	0,51	-	-
3C	78-105	3,0	-	-	180	500	100	220	0,47	-	-
4C	105-129	3,0	1,78	35	210	450	150	200	0,74	-	-
5C	129-148	2,69	-	-	200	500	120	180	0,68	-	-

Nº **amostra**= número da amostragem no perfil do solo; **Prof**= Profundidade no perfil do solo; **Dr**= Densidade real; **Da**= Densidade aparente; **P total**= Porosidade total; **Ag** = areia grossa; **Af** = areia fina; **Arg** = argila; **Sil/Arg** = relação silte/argila.

Tabela 2 - Características físicas do horizonte (Bw), expostos pelo voçorocamento na cabeceira da voçoroca principal na área de estudo na Fazenda Glória, Uberlândia-MG.

Horizontes	Prof. (cm)	Densidade real (g/cm ³)	Densidade aparente (g/cm ³)	Porosidade total (%)
Bw	45 - 70	2,69	1,42	47

Tabela 3 - Características físicas do horizonte (Bw), expostos pelo voçorocamento na cabeceira da voçoroca principal na área de estudo na Fazenda Glória, Uberlândia-MG.

Horizonte	Areia grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Sil/Arg
	g kg ⁻¹				
Bw	290	470	40	200	0,18

Tabelas 2 e 3: **Nº amostra**= número da amostragem no perfil do solo; **Prof**= Profundidade no perfil do solo; **Dr.**= Densidade real; **Da**= Densidade aparente; **P total**= Porosidade total; **Ag** = areia grossa; **Af** = areia fina; **Arg** = argila; **Sil/Arg** = relação silte/argila.

Tabela 4 - Caracterização química da amostra do material presente à montante (cabeceira) dos CS da área de estudo / Adaptado de Epamig, 2008.

Ph	Pmeh ⁻¹ (mg dm ⁻³)	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	T	T	V	m	M.O. (g kg ⁻¹)
		Cmol _c dm ⁻³						%		
5,2	5,2	0,2	0,2	0,1	0,3	0,6	1,9	21,7	40	0,6

Pmeh⁻¹ e K - Extrator Mehlich (HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025 N); **Ca, Mg e Al** - Extrator KCl 1 mol L⁻¹; **t** - CTC efetiva; **T** - CTC potencial (a pH 7,0); **V** - saturação por bases; **m** - saturação por alumínio (Embrapa, 1999).

Tabela 5 - Caracterização física do solo de textura Franco arenosa na área de estudo.

Areia Grossa	Silte	Argila
----- g. kg ⁻¹ -----		
81,0	10	9,0

Observações: Análise textural pelo Método da Pipeta (EMBRAPA, 1997). Adaptado de Epamig, 2008.



Figura 6 - (A) – Perfil₁ do solo em um dos canais erosivo e tipo de erosão em alcovas de regressão; (B); (C) – Demonstração dos respectivos horizontes, camada superficial de cascalho; (D) - Perfil amostrado com horizonte (Bw) na voçoroca principal da área de estudo.



Figura 7 - Aspectos das amostras coletadas em campo: (A); (C) – material da camada superficial cascalhenta (0-50cm) do CE; (B) – material do horizonte Bw (0-45cm) da VP;– Material grosseiro da camada superficial.

No local de estudo (CS), a área de captação possui aproximadamente 0,4 ha com declividade média de 3%. No eixo central da voçoroca principal de acordo com os trabalhos de Alves (2007) a declividade está em torno de 6%. Porém, apesar de possuir uma declividade baixa ocorrem processos erosivos.

Esta variação na inclinação da rampa deve-se ao fato de que a expansão principal (eixo central da VP) ocorre no sentido da vertente (maior declive) (ver na Figura 1A). Enquanto, nas expansões laterais o declive menor deve-se à remoção da cobertura “cascalhenta”, pois originalmente, eram faixas de terreno em mesmo nível no sentido transversal à vertente.

1.2.1 Aspectos Geomorfológicos

A análise visual da paisagem forneceu informações a respeito do grau de degradação. Nesta área no que diz respeito ao processo de voçorocamento, este foi estudado por Campos (2008) e Reis (2007) onde descrevem que o tipo de erosão em sulco predominante se aprofunda até atingir o nível do lençol freático e progride vertente acima, por solapamento, processo também conhecido por alcovas de regressão (Figuras 2 **B**, **C**, e **D**).

Esse tipo de feição erosiva pode ser esculpida sob condições litológicas e climáticas (pedológicas e geomorfológicas) tanto pelo escoamento superficial, como pela exfiltração do lençol freático, ou ainda, pela combinação desses dois mecanismos (GUERRA, 2007).

A área apresenta vertentes íngremes esculpidas por duas linhas de drenagem ortogonais que se aprofundou em espessa cobertura sedimentar inconsolidada da Formação Marília, resultando em encostas de curta extensão e declive acentuado que transicionam para uma forma suavizada. Estas encostas passam para uma forma suavizada, marcando uma ruptura de declive. A cobertura de seixos rolados “cascalheira” que situava-se logo acima desta ruptura, indica a constituição de um relicto do leito da drenagem pretérita.

A camada de seixos quartzosos e areníticos jazia sobre material fino ($\emptyset < 2$ mm), formando camadas que revelam tratar-se de sedimentos aluviais (caráter flúvico) (EMBRAPA, 2006) conforme mostram as (Figuras 7 **C** e 8 **A**).



Figura 8 : Aspectos da área de entorno da voçoroca principal : (A); (B) – Segundo Perfil (Perfil₂), onde a camada de cascalho (150cm) está mais preservada ; (C) – Demonstração do método de aquisição do volume do solo (Perfil₂) na área de entorno.

Este quadro pedogeomorfológico é o que persiste à jusante, onde a condição original ainda encontra-se suficientemente preservada, conforme atesta a Figura 8 acima.

1.2.2 Considerações sobre o atual material presente na área de estudo

“Solo é a coleção de corpos naturais que ocupam parte da superfície terrestre e constituem o meio natural para desenvolvimento das plantas. São dotados de atributos resultantes da diversidade de efeitos da ação integrada do clima e dos organismos, agindo sobre o material de origem, em determinadas condições de relevo, durante certo período de tempo” (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, 1951).

Wendling e Gatto (2002), complementam que para ser considerado solo com condições ambientais favoráveis, o material deve ter bom teor de matéria orgânica, nutrientes, pH, umidade, temperatura e aeração adequada. Quando se trabalha com solos degradados ou que sofreram severas alterações, a presença de organismos vivos, muitas

vezes é pequena ou nula, indicando que, neste caso em especial, o solo deve ser melhor trabalhado para se implantar a vegetação. Com base nisto, será necessário melhorar sua porosidade, capacidade de retenção de água e a fertilidade por meio de técnicas de preparo do solo e adubação. Isto tudo, tendo em vista, que o trabalho de recuperação não é fácil e demanda certo tempo e planejamento.

Assim, as voçorocas secundárias (canais secundários), foco deste estudo resultaram da desnudação do solo mediante a remoção da cobertura vegetal da porção superior (Perfil₂) com cerca de 150 cm de cobertura constituída de seixos rolados (Figura 8).

Este quadro inicial estabelecido pela ação antrópica, deixou exposto o material sedimentar de natureza (arenosa / franco arenosa) à ação erosiva das precipitações pluviométricas e impacto das gotas d' água, sobre o material inconsolidado e permeabilidade do solo a água comprometida, favorecendo o escoamento superficial e a instalação das formas erosivas presentes atualmente.

Em consequência da degradação instalada neste local a área afetada como pode ser observado nas Figuras (7 **A, B, C** e 8), Tabelas (1, 6 e 7) de cobertura “cascalhenta” dos CS estudados enquadra-se do ponto de vista pedológico, ao que é qualificado como “tipo de terreno” (maior parte do material grosseiro). Ou seja, unidades de mapeamento que representam pouco ou nenhum solo natural. (CURI *et al*, 1993).

Observa-se na (Tabela 1) que a textura, com cerca de 700gkg⁻¹ de areias (fragilizando a estrutura do solo) e a profundidade do regolito, propiciando o aprofundamento da voçoroca constituem elementos favoráveis ao processo de erosão entre sulcos e conseqüentemente à instalação de voçorocas.

Em relação aos constituintes silte mais areia fina, que são indicadores da erodibilidade do solo (Silva *et al.*, 1993), a VP apresenta semelhante valor para areia fina e pouco variou os teores de silte na profundidade avaliada (45-70 cm) (Tabela 2) e camada 2C (Tabela 1). Os teores de argila são baixos da ordem de 20% da terra fina, na área como um todo.

A avaliação dos materiais no entorno (Perfil₂) e na área de estudo (Perfil₁) demonstraram que a maior parte do solo superficial foi alterada, truncado por atividades antrópicas, algumas mais agressivas, outras menos.

O solo foi identificado em campo, sendo que em uma trincheira aberta no entorno Figura 8 (Perfil 2), em uma situação mais preservada onde o cascalho não havia sido removido permitiu com base nas observações, bem como, subsídios presente em Embrapa (2006) a classificação do mesmo como sendo do tipo CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico fase cascalhenta. Para área de estudo, onde estão situados as incisões erosivas (CS), adota-se a classificação de “não solo” ou seja, tipo de terreno.

Os estudos permitiram enfatizar que o voçorocamento da área devido sua exploração no passado como “cascalheira”, foi desencadeado por fatores de natureza antrópica e pedológica. Isto, por que as atividades minerais para extração de areia, cascalho, argila, saibro e solo, salvo raras exceções, estão entre as responsáveis pela degradação ambiental, haja vista, locais usados como fonte de solo para obras de engenharia e abandonados após uso, resultarem na maioria das vezes em áreas degradadas .

1.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A ÁREA DE ESTUDO ANTERIOR AOS RESULTADOS DAS IMPLANTAÇÕES DAS MEDIDAS DE RECUPERAÇÃO

Interior

Os resultados observados nas Tabelas 6 e 7 e na Figura 9, indicam o potencial de perda de nutrientes na área próximo às voçorocas, reforçando que a baixa fertilidade da área hoje é fruto do processo histórico de remoção das camadas superficiais.

Os sedimentos e nutrientes removidos pela erosão são acumulados nas áreas mais baixas das encostas em função das características do seu transporte pela enxurrada oriunda

da exfiltração do lençol freático, onde parte desses está chegando até o córrego do Glória (Figura 9).

Os resultados da análise química e física dos quatro CS apresentaram valores semelhantes, segue nas tabelas (Tabela 6 e 7) os valores médios. Observa-se na Tabela 6 que trata-se de um material com baixo teor de M.O e baixa saturação por bases (SB), o que dificulta o estabelecimento da cobertura vegetal.

Os resultados da análise química e física dos “sedimentos carregados” e acumulados no interior dos CS, oito meses após instalação das barreiras físicas e anterior à implantação da cobertura vegetal com (plantio de *Macrotyloma axillare*) encontram-se nas (Tabelas 6 e 7). Em relação à área externa (entorno) aos CS anterior à revegetação com arbóreas, os resultados estão na Tabela 4.

Tabela 6 - Caracterização química da amostra dos sedimentos carregados nos canais erosivos da área de estudo.

pH	P _{meh} ⁻¹ (mg dm ⁻³)	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	T	T	V	m	M.O. (dag kg ⁻¹)
		Cmol _c dm ⁻³							%	
5,2	0,6	0,2	0,1	-	0,12	0,3	1,55	8	61,33	0,2

Pmeh-1 e K - Extrator Mehlich (HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025 N); Ca, Mg e Al - Extrator KCl 1 mol L⁻¹; t - CTC efetiva; T - CTC potencial (a pH 7,0); V - saturação por bases; m - saturação por alumínio (Embrapa, 1999).

Tabela 7 - Caracterização física dos sedimentos carregados no interior dos canais secundários em estudo.

Canal erosivo	Areia grossa	Areia Fina	Silte	Argila
----- (g kg ⁻¹) -----				
1	257	560	51	120
2	269	560	51	120
3	211	575	64	150
4	338	450	86	126
Média	269	536	63	129



Figura 9 - Demonstração do assoreamento provocado pelos sedimentos oriundos da voçoroca (VP e VS) ao Córrego Glória próximo à área de estudo. Fonte: Alves (2007).

Assim, analisando o teor de silte mais areia fina, observa-se que nos CS estudados os valores de areia fina foram predominantes, apresentando médias de $536,25 \text{ g kg}^{-1}$; para os valores médios de argila e silte 129 e 63 g kg^{-1} respectivamente (Tabela 7). Os dados levam a apurar que houve acúmulo de sedimentos oriundos do desmoronamento interno e não da área de contribuição. O arraste é preferencial a fração mais fina que sai do sistema, permanecendo a mais grossa.

Estes resultados diferem dos trabalhos realizados no Rio de Janeiro por Machado (2007), onde foi observado que dentro das voçorocas com paliçadas, o material retido é geralmente mais grosseiro com fragmentos de rochas contendo minerais primários e secundários.

Através destes resultados, fica evidente que qualquer manejo de exploração a ser adotado nesta área ou em outras da circunvizinhança, deve levar em consideração a grande suscetibilidade do solo a processos erosivos. Haja vista, segundo Resende (1985), solos que possuem maiores teores de areia fina e silte apresentam maior erodibilidade, aliada a baixa coesão proporcionada pelos elevados teores de silte.

A condição encontrada nas voçorocas em estudo comprova a sua alta propensão à erosão. Isso parece indicar que os fatores que levam ao voçorocamento são mais complexos que a simples granulometria da área.

1.4 RESULTADOS DA IMPLANTAÇÃO DAS MEDIDAS DE CONTROLE E AVALIAÇÃO DA EROSIÃO

Conforme observações feitas no item anterior (4.2), o nível de degradação local é elevado. Assim, foi necessária a adoção de medidas com potencial para melhorar as condições do solo por meio de técnicas físicas e edáficas.

1.4.1 Isolamento da área de estudo

O isolamento da área de estudo é de grande relevância para a pesquisa, primeiramente devido à descompactação do solo que poderá ser proporcionada em longo prazo (Figuras 10), ainda, evita o tráfego constante na área. Haja vista, como mencionado anteriormente, esta parte da fazenda em questão, no passado foi utilizada para pastagem e retirada de cascalho. Todavia, nos dias atuais é possível perceber que aos poucos a vegetação nativa está se restabelecendo.



Figura 10 - Isolamento da área: (A) – Cerca (esq.) implantada em agosto de 2008; (B) – Porteira para acesso restrito na área experimental (cascalheira) na Fazenda do Glória-UFU.

A construção do aceiro permitiu nos anos de 2008 e 2009, o período seco (época caracterizada por alta temperatura e baixa umidade relativa (UR) sem ocorrências de

queimadas na área, fato este, que infelizmente não ocorreu em 2007 quando ainda não haviam iniciado as medidas de recuperação). Neste período, a área de estudo sofreu uma queimada de relevante impacto ambiental, que atingiu parte da vegetação no entorno dos canais erosivos secundários.

1.4.2 Medidas Físicas

a) Entorno

A implantação do terraço e do *mulching* vertical foram fundamentais para aumentar a infiltração de água no solo e diminuir o impacto do fluxo superficial turbulento sobre os CS (Figura 11).

Terraço e Mulching vertical

A implantação do terraço em nível, tipo base estreita, o qual conforme supracitado teve por objetivo complementar o conjunto das medidas físicas adotadas à montante dos CS, foi essencial para retenção do excesso de água durante a ocorrência de intensas precipitações nos períodos chuvosos que contemplaram este estudo. (Figura11).



Figura 11 - (A) – Terraço em nível do tipo base estreita: implantado em outubro de 2008; (B) - Vista parcial da localização do terraço à montante dos canais erosivos; (C) - Localização de um dos *mulching* em relação às incisões erosivas; (D) Demonstração da atividade do terraço acumulando excesso hídrico após ocorrência de chuva.

O método de avaliação dos *mulching* verticais através de registros fotográficos e coleta de amostra de solo seco, apesar de simples, foram eficazes para em uma pequena escala analisar a viabilidade da técnica (Figura 12 e Tabela 8).

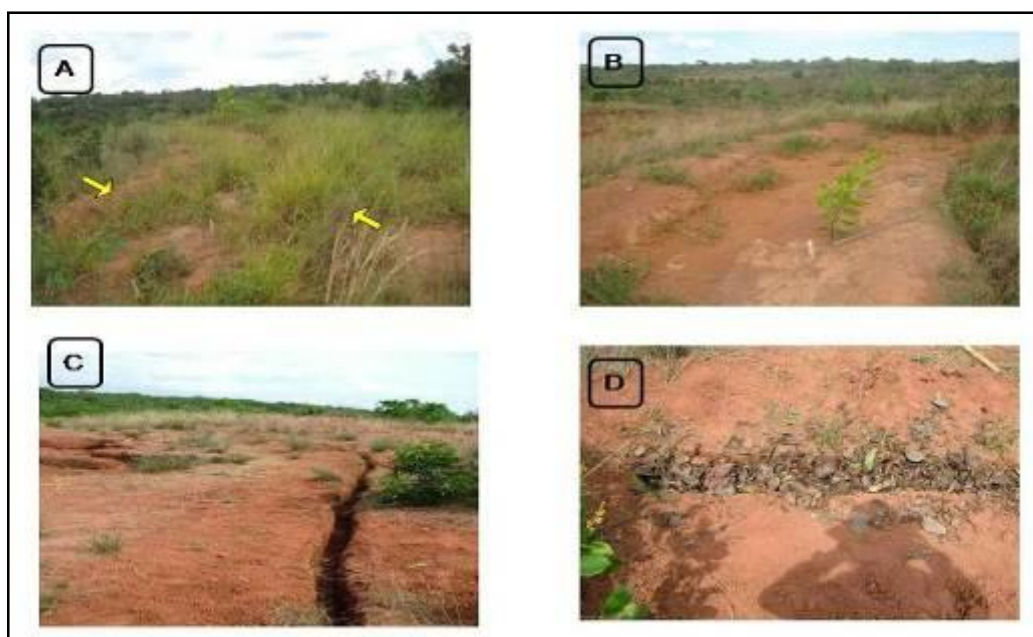


Figura 12 - (A) – Vista parcial do terraço e cordão de vegetação proporcionado pelo *mulching* vertical (dir); (B) – (esq)Vista parcial das marcas do acúmulo de fluxo hídrico, (dir) *mulching* vertical no início da transição para cordão de vegetação; (C); (D) – Instalação da técnica do *mulching* vertical (preenchimento com serapilheira de matas do entorno).

Tabela 8 - Valores médios da umidade atual apresentada em um dos *mulching* verticais implantados na área de estudo.

Profundidade (cm)	Umidade apresentada(%)
1 20cm	4,2
1 40cm	6,9
2 20cm	8,9
2 40cm	8,1
média	7,02

1- Ponto Testemunha 2- Pontos *Mulching* Vertical

Contudo, de forma geral as amostras retiradas para representar o teor de umidade no período seco apresentou valores baixos, sendo o maior valor encontrado no ponto 2 20cm (8,9%) referente ao *mulching* vertical (Tabela 8).

Neste mesmo ponto, ambas as profundidades (20 cm e 40 cm) apresentaram valores de umidade semelhantes (8,9 e 8,1 %, respectivamente), demonstrando, que a presença da medida implantada proporcionou certa homogeneidade e boa distribuição da umidade na área avaliada (Tabela 8).

Para o ponto 1, o maior teor de umidade foi encontrado na profundidade de 40cm, comprovando que esta aumenta conforme aumenta a profundidade do solo. Em contrapartida, no ponto do *mulching* o maior valor foi encontrado na camada mais superficial (20 cm).

Analisando o comportamento da técnica no decorrer do estudo, observa-se que a infiltração proporcionada tomou a forma de cordão de vegetação (Figura 15). Durante o período da seca foi possível observar que as plantas mantiveram-se verdes na área do *mulching*, comprovando assim ser esta uma tecnologia simples e eficaz para conservar a umidade do solo.

Assim, pesquisa proporcionou constatar que o efeito *mulching* vertical na verdade tem esta função apenas nas primeiras semanas, sendo posteriormente evoluído para forma de cordão de vegetação (Figuras 13 e 14) tendo em vista o surgimento das plantas devido à umidade e material orgânico acumulado nestas áreas.

Este comportamento leva a constatar que a ação erosiva da água não tomou forma de fluxo contínuo, de maneira que esta “força” foi dissipada no decorrer da área de contribuição, confirmando as afirmações mencionadas por Dernadin, 2002 *apud*, Pires; Souza (2006) quando relatam o efeito esponja proporcionado por esta medida em absorção e infiltração do excesso de fluxo hídrico fornecendo condições básicas de estabilidade inicial ao crescimento de espécies vegetais, como pode ser observado nas figuras (13 e 14).

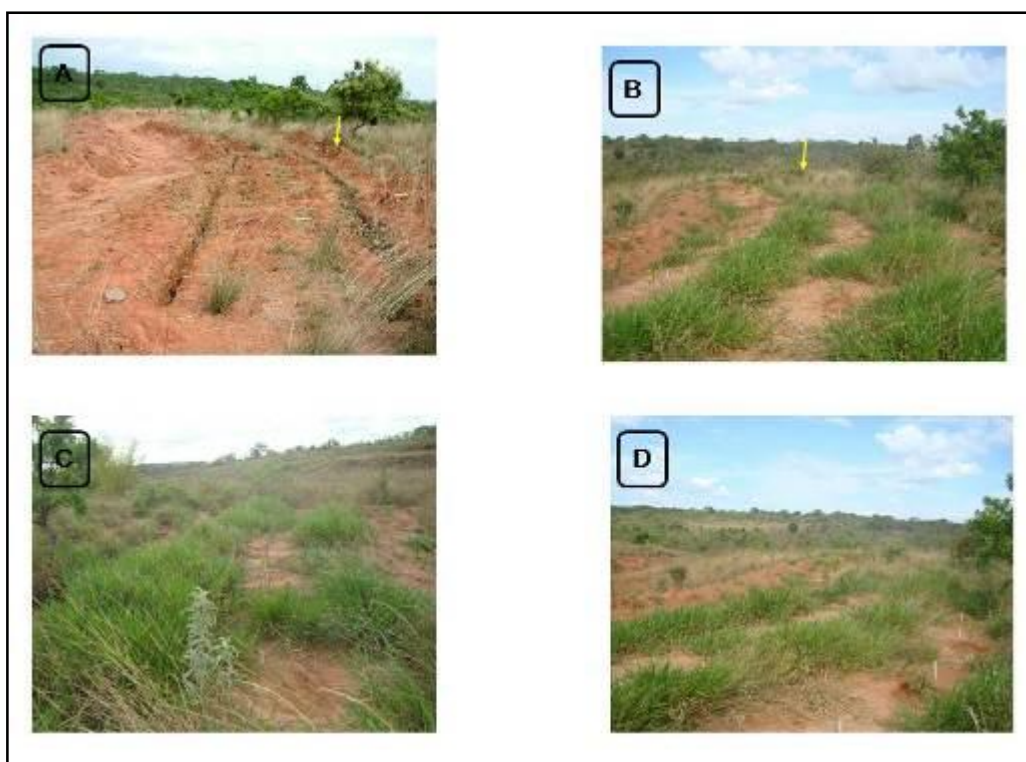


Figura 13 - (A) – *Mulching* vertical em implantação (início do período chuvoso de 2008); (B) – Demonstração da conservação da umidade na área do *mulching* após 9 meses de sua instalação (período seco); (C) ; (D) – Demonstração do crescimento da vegetação no interior do *mulching* vertical e formação dos cordões de vegetação.



Figura 14 - Demonstração do crescimento da vegetação no interior dos *mulching* verticais e formação dos cordões de vegetação.

A manutenção da umidade na área do *mulching* é de grande importância em áreas que além de degradadas, sofrem déficit hídrico na maior parte do ano. Sobre esta questão, é relevante considerar que nem toda água armazenada no solo está disponível às plantas. Segundo Mello *et al* (2002), isso acontece quando a água drena rapidamente e se distancia do sistema radicular ou quando a água presente está firmemente retida devido à força de retenção pelas partículas de solo impossibilitando a absorção pelas raízes. Todavia, ressalta-se que a magnitude deste efeito depende também da atividade biológica do solo.

Assim, semelhantemente aos resultados obtidos por Damalgo *et al* (2002) sobre o uso de plantio direto no crescimento das plantas, a técnica do *mulching* vertical, demonstrou nas condições propostas potencial para uso consorciado com plantios que visam sistemas econômicos e conservacionistas, como prática auxiliar no aumento da umidade próximo à rizosfera.

Outro fator importante no que concerne ao uso da medida física em questão é a escolha do material que irá compor a cobertura vegetal interna.

Nesta pesquisa, devido à acelerada decomposição da serrapilheira utilizada, houve a tentativa em usar a palhada de arroz em um dos *mulching* (Figura 15) visando adquirir um período maior para decomposição do material vegetativo.

Porém, esta demorou em excesso para se decompor, haja vista que após 3 meses de sua implantação ainda não havia surgido nenhuma vegetação, ao contrário, formou-se uma camada impermeável permitindo no lugar da infiltração a passagem direta da água contendo sedimentos.

É provável, que o fato mencionado é atribuído à natureza pouco higroscópica deste tipo de material, onde é provável que a vegetação surja, porém, levará um período bem maior em relação à serrapilheira da mata de entorno.



Figura 15 - Demonstração do preenchimento com palhada de arroz em um dos *mulching* vertical.

Desta forma, a natureza higroscópica e facilidade de decomposição do material, devem ser levadas em consideração para compor o interior das valetas.

Outra observação importante, está no que se refere à metodologia de instalação da técnica em campo que teve de considerar a natureza pedológica da área presente em estudos realizados por Denardin *et al* (2005) obedecendo às dimensões de 7cm de largura e 40 cm de profundidade proporcionados pelo implemento agrícola (valetadora rotativa).

Infelizmente nesta pesquisa, não foi possível o uso da referente máquina, devido à inviabilidade de sua aquisição tendo em vista o reduzido tamanho da área.

Estas dimensões devem ser devidamente analisadas e dimensionadas para evitar o agravamento e surgimento de novas incisões erosivas em áreas onde os fatores que condicionam os surgimentos destas, sejam atuantes.

Sobre este assunto, Garcia (2005) trabalhou o manejo de água em sistemas de plantio direto (PD), demonstrando que o *mulching* vertical com espaçamento entre sulcos de 10 m pode controlar totalmente o escoamento superficial com intensidade de chuva de até 70 mm h⁻¹, quando o solo estiver com conteúdo de água igual ou menor à 37%. Sobre

esta técnica, ressalva-se, que o espaçamento deve ser dimensionado em função do solo e uso.

Importante lembrar, que ao contrário do terraceamento, a tecnologia do *mulching* vertical é recente e ainda restrita a poucos trabalhos realizados, fazendo-se, por isso, necessário sua aplicação às diversas condições regionais. De qualquer forma, para as condições de degradação em área de Cerrado conforme se propôs nesta pesquisa, esta medida demonstrou potencial para ser aplicada em trabalhos desta natureza.

Por esta razão, não obstante aos resultados encontrados seria interessante comprovar o efeito isolado da prática, bem como sua eficácia. Deste modo, este trabalho sugere que sejam implantados na área novos *mulching* verticais com adequado monitoramento da umidade, preferencialmente utilizando equipamentos específicos que possam levar em conta outras variáveis desta técnica que possibilitem avaliações estatísticas.

No que se refere ao uso em conjunto do *mulching* vertical e do terraço, ambos proporcionaram armazenamento do excesso de fluxo hídrico, demonstrando serem medidas eficazes para trabalhos desta natureza.

Contudo, para aplicações em condições semelhantes às deste estudo, ressalta-se que seja levado em consideração o nível de base e a tendência à erosão, especialmente aquela oriunda do efeito remontante (conceitos supracitados neste texto).

a) Parte interna

A implantação das paliçadas de bambu mostrou-se eficientes na contenção de sedimentos conforme pode ser observado nas (Figura 16 A e B)

No decorrer do estudo nas estações chuvosas, observou-se a acumulação de água no canal, ocorrendo a infiltração e evaporação da mesma, seguida ainda de deposição de sedimentos suspensos na base das barreiras.

Paliçadas de material de bambu e sacos de ráfia



Figura 16 - (A) – (B) – Barramento do excesso de sedimentos (sacos de ráfia). (C) – Paliçada de bambu instalada perpendicular à passagem do fluxo hídrico; (D) – Voçoroca secundária (vizinha) para ilustração da dinâmica do funcionamento da paliçada após ocorrência de chuva próxima aos canais erosivos em estudo.



Figura 17 - (A) e (B) – Representação da revegetação proporcionada na área de estudo após instalação da barreira de bambu; (C)–Demonstração da ação conjunta das medidas físicas (barreiras c/ saco de ráfia) e vegetativas.



Figura 18 - (A); (B)– Imagem ilustrativa da eficiência da técnica conservacionista após ocorrência de chuva em voçoroca secundária vizinha à área de estudo; (C) – Área à jusante com demonstração do material retido na barreira de bamboo (antes de escorar com saco de terra).

Após eventos chuvosos intensos ocorridos na área de estudo, principalmente durante o verão, percebeu-se que a ação erosiva da água, apesar de carregar partículas do solo, estas ao passar pelas barreiras acumulou-se, permitindo a redução deste fluxo e permanência de grande parte do material no local (Figuras 18). Este resultado é fundamental para fornecer condições básicas de estabilidade inicial ao crescimento das espécies vegetais.

Também trabalhando nesta mesma área com estruturas de biomanta e sacos de terra para conter o processo erosivo, resultados semelhantes foram encontrados por Serato *et al* (2008).

Estes resultados confirmam os obtidos por Machado (2007) que utilizou estas estruturas, bem como outras (barreiras com pneus), para mensurar de forma direta a perda de solos em voçorocas de dimensões bem maiores em região de Mata Atlântica. Neste trabalho, a voçoroca que não recebeu intervenções perdeu cerca de 195 toneladas de sedimentos na metade do período do verão, ao passo que nas voçorocas que receberam as práticas físicas estes valores foram praticamente ausentes.

A metodologia adotada permitiu ainda observar que próximo às barreiras, o material retido é geralmente mais fino, oriundo dos horizontes subsuperficiais e resultante da erosão por desmoronamentos dos CS predominantes na área (Figura 16 e Tabela 7). Em conformidade com os resultados obtidos durante a etapa de classificação do material presente que foi citado anteriormente.

Ainda, através dos resultados analisados fica evidente que se trata de um material recém depositado. Comprovando que a técnica adotada foi eficiente no barramento do material fino que seria transportado pelo fluxo hídrico.

Por se tratar de material considerado ecológico, com exceção dos sacos de ráfia, observou-se a rápida decomposição da barreira, sendo necessária sua reforma um ano após implantação, o que poderia ser evitado utilizando estacas de bambu verde. Em contrapartida, em trabalhos desta natureza o uso de leguminosas associado às medidas físicas (FRANCO *et al.*, 1992; RESENDE *et al.*, 2006 e SILVA *et al.*, 2009) têm demonstrado resultados mais interessantes.

Outra possibilidade, seria pensar também em outro tipo de estrutura de dissipação de energia da enxurrada, como pré-moldados, criando uma escada de dissipação. Neste caso, convém lembrar que os custos totais poderão ser bem mais elevados, ficando a critério do agente recuperador, essa decisão.

1.4.2 Precipitação no período de estudo

A perda de solo através da geração de sedimentos, não foi quantificada diretamente nesta pesquisa. No entanto, a análise do período chuvoso entre os anos de 2007 e 2010, juntamente com os trabalhos iniciados por Leal *et al* (2008) permitiram diferenciar a

ocorrência de alguns fenômenos que diferem a época anterior à implantação das medidas de recuperação e a atual.

Primeiramente, Leal et al (2008) avaliou a temporada entre agosto de 2007 a janeiro de 2008. Contemplando desta forma, parte de uma estação seca e chuvosa (respectivamente). Além de considerar em seu estudo o monitoramento das bordas da VP e demais CS secundários, conforme pode ser verificado no Anexo B.

De forma que, o ponto comum entre o trabalho supracitado com a presente pesquisa é o monitoramento da evolução erosiva nos pontos de 01 à 08, (Anexo B e Gráficos 1) referente às bordas dos CS em estudo, onde foi registrado a evolução entre o período de (novembro de 2009 a fevereiro de 2010) conforme gráfico (Gráfico 2).

Assim sendo, observando o (apêndice 2 A), bem como, o Gráfico 1 de evolução longitudinal no período avaliado por Leal et al (2008), verifica-se que entre os pontos (1, 2, 3, 4, 5) os CS que mais sofreram evolução erosiva foram os localizados nos pontos (1, 4 e 7), permanecendo os canais mais estáveis nos demais pontos.

Em contra partida, para esta pesquisa analisando o Gráfico 2 é interessante observar que para os canais dos pontos (1 e 4), apesar de ocorrido a erosão, esta foi bem menor, onde constata-se uma relevante estabilização neste local (pontos 1 e 4). Isto, em relação às avaliações de Leal *et al* (2008) presentes no Gráfico 1.

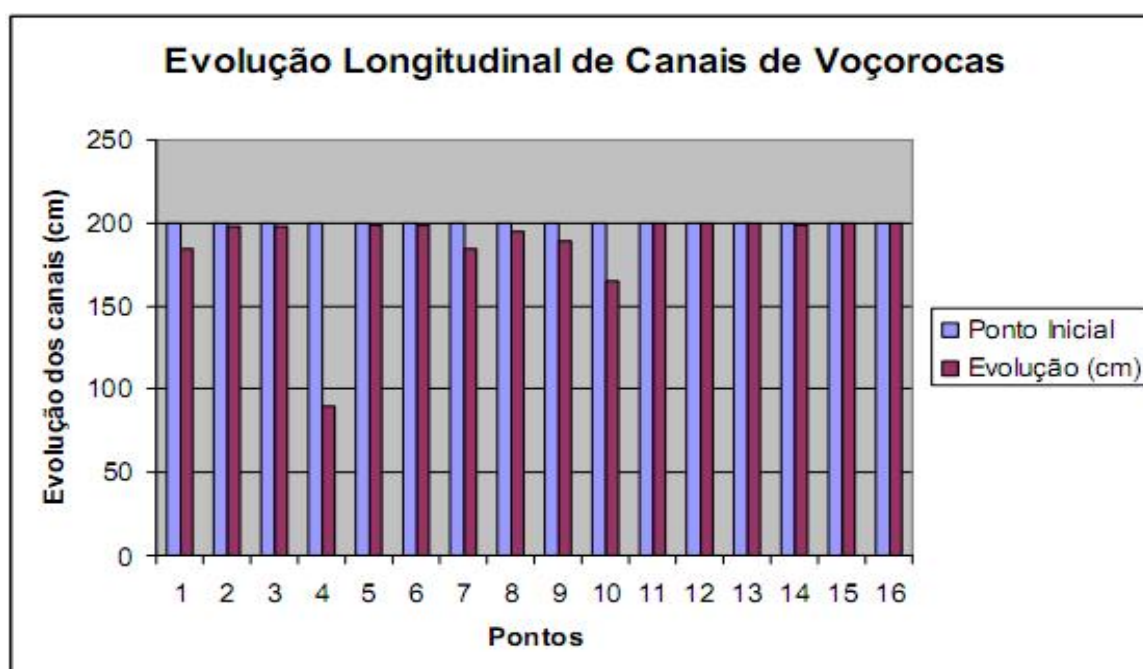


Gráfico 1 - Evolução longitudinal de canais de voçorocas entre agosto de 2007 à janeiro de 2008.

Fonte: LEAL *et al* (2008).

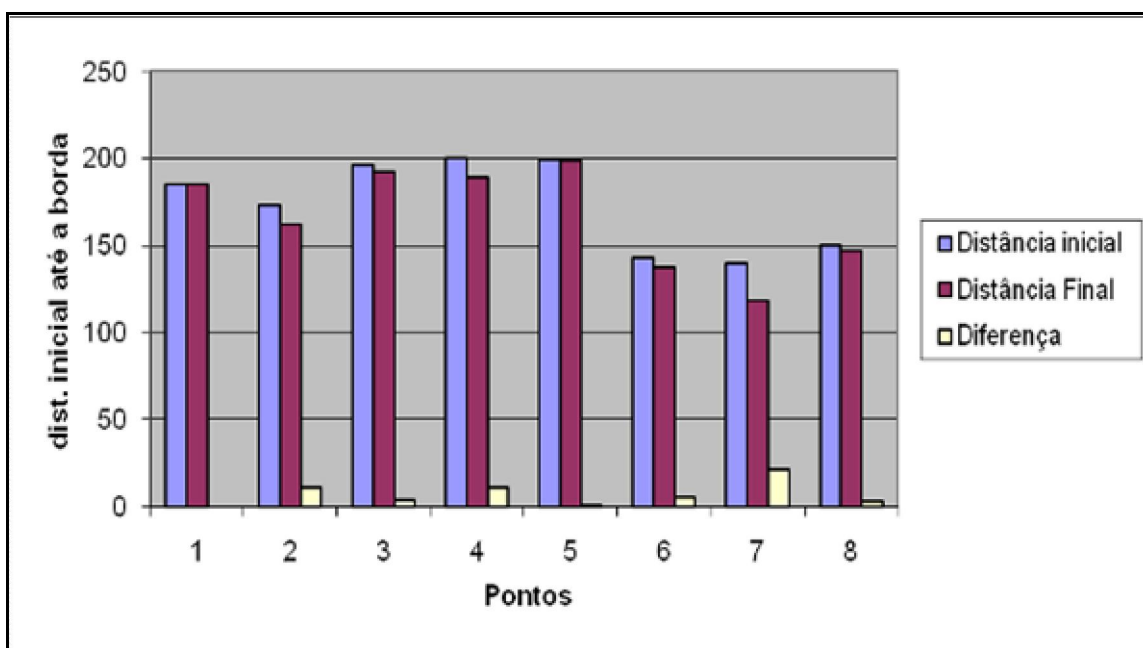


Gráfico 2 - Evolução longitudinal apenas dos canais erosivos em estudo no período de novembro de 2009 a fevereiro de 2010.

Na análise sistêmica de todas as etapas metodológicas a que esta pesquisa se propôs, certamente, que este resultado além das condições proporcionadas por este trabalho, é atribuído principalmente às medidas implantadas inicialmente no ano de 2007 por Serato *et al* (2008) na parte interna (Anexo C).

Ainda no Gráfico 4, para os demais CS no que corresponde aos pontos 3 e 4, apesar das mesmas condições recebidas, estes sofreram maior efeito da estação chuvosa entre os anos de (2008 e 2009) na área experimental (Apêndice 02, **b** e **c**) e desta forma, apresentaram maior desmoronamentos das paredes em relação aos demais neste período.

Ainda, outra observação que talvez explique a alta evolução no ponto 2 seja o fato deste em relação aos demais estar isento de paredes firmes em ambas as laterais e sim posicionado de forma intermediária entre uma parte instável dos CS dos pontos 1 e 3.

Do mesmo modo, entre os anos de 2008 e 2009 os desmoronamentos ocorridos nos pontos (4,e 6), deu origem à outra incisão erosiva “ramificação” paralela .

Entretanto, esta nova incisão erosiva foi tratada e atualmente é quase imperceptível devido ao conjunto das técnicas de recuperação adotadas.

Relevante ressaltar, que analisando fatores de natureza pedológica associados ao voçorocamento nos CS através dos constantes desmoronamentos é provável que as medidas adotadas para aumentar a infiltração à montante e assim diminuir a velocidade do fluxo hídrico, tenham intensificado num primeiro momento o avanço das alcovas de regressão. Haja vista, os desmoronamentos das paredes e o acúmulo de material fino retido nas barreiras, principalmente na estação chuvosa de 2008 (Apêndice 2-B).

Com base na observação destes elementos, parte-se do princípio que através do manejo adotado, houve uma “ hiper alimentação” hídrica do nível de base nos primeiros anos deste estudo, devido neste local se encontrar próximo a superfície. Ainda, tendo em vista a área de contribuição dos CS ser curta.

Todavia, conforme será discutido posteriormente a medida vegetativa (biológica) com o plantio de espécies herbáceas na parte interna, demonstrou resultados satisfatórios

para conter o fluxo de sedimentos apesar do avanço das alcovas (como será demonstrado posteriormente).

Sobretudo, este estudo traz apenas a avaliação de um período considerado curto, comparado ao tempo estimado na experiência de outros trabalhos (4-6 anos) para a área apresentar indicadores de recuperação, fazendo-se necessário analisar o comportamento deste ambiente nos anos que sobrevirão, a fim de obter parâmetros mais conclusivos.

Outra hipótese seja que a adoção de técnicas desta natureza em áreas com características erosivas oriundas da ação conjunta de processos superficiais e subsuperficiais, próximas ao nível de base, devam levar em consideração o direcionamento ou desvio do excesso do fluxo hídrico para locais onde a fragilidade para ocorrência de erosão seja menor.

Sobretudo, estas constatações devem ser vistas com cautela, pois os diferentes ambientes apresentam algumas características que não são exatamente iguais tais como, a forma das vertentes e área de captação, etc. Conforme Machado (2007), a padronização dos dados para estes casos não é um procedimento simples por envolver estudos mais detalhados. Devendo neste caso, a magnitude das diferenças ser inferida com segurança sobre a eficiência da técnica.

1.5 RESULTADOS DAS MEDIDAS EDÁFICAS

Conforme representado na Figura 5, com objetivo de fornecer a cobertura vegetal nas partes externa e interna, em campo foram implantadas espécies vegetais arbóreas (Entorno) e herbáceas (Interior).

1.5.1 Revegetação do entorno dos canais secundários (arbóreas)

O acompanhamento do desenvolvimento das espécies arbustivas em campo, constaram do controle de formigas cortadeiras (prática edáfica), bem como, mensurações

do diâmetro do caule, largura da copa e altura da planta nos intervalos entre 02 meses, 04 meses e 12 meses do plantio.

Aos 02 meses bem como aos 04 meses do plantio não houve diferenças significativas nas espécies arbóreas com relação às doses de calcário (CaCO_3) usadas (Tabela 9).

Em princípio a análise deste resultado indicava a necessidade de um período maior de avaliação para demonstrar o efeito das doses. Desta forma, após 12 meses do plantio os dados foram submetidos ao ajuste em equações de regressão polinomial, comprovando a ausência de efeitos significativos para as doses de calcário usadas (Tabela 9 e Apêndice 01).

Tabela 9 - Diâmetro do caule, largura da copa e altura da planta aos 02 e 04 meses após o plantio em função de diferentes doses de calcário aplicadas nas espécies nativas e exóticas em área degradada de Uberlândia-MG.

Componentes da planta avaliados			
Doses* (CaCO_3)	Diâmetro do caule (mm)	Largura da copa (cm)	Altura da planta (cm)
0	4,29	30,29	33,30
50	3,57	26,50	30,33
100	3,76	27,09	32,57
200	4,47	31,33	33,87
média	4,02	28,80	32,51

* O efeito de dose não foi significativo no período avaliado por isso só são apresentadas as médias.

Tabela 10 - Diâmetro do caule, largura da copa e altura da planta um ano após o plantio em função de diferentes doses de calcário aplicadas nas espécies nativas e exóticas.

Componentes da planta avaliados			
Doses* (CaCO ₃)	Diâmetro do caule (mm)	Largura da copa (cm)	Altura da planta (cm)
0	14,47	80,04	106,26
50	14,90	64,66	81,76
100	11,80	58,60	86,75
200	14,95	83,55	105,05
média	14,03	71,71	94,95

* O efeito de dose não foi significativo por isso só são apresentadas às médias.

Em contrapartida, houve variação de desenvolvimento entre as espécies, para todas variáveis analisadas tanto no período inicial (02 meses) como final (12 meses), conforme pode ser observado nas Tabelas 11, 12 e 13.

Segundo Malavolta (1981), em decorrência da reação química do material corretivo aplicado ao solo, têm-se alterações tais como: aumento do valor pH, a neutralização do ferro e do alumínio trocável, a insolubilização do manganês, o fornecimento de cálcio e magnésio, as modificações da capacidade de troca catiônica efetiva e alteração da disponibilidade de micronutrientes entre outros efeitos. Neste âmbito, conforme os resultados da análise da fertilidade do solo (Tabelas 4 e 5), a aplicação do corretivo deve-se, principalmente, aos altos teores de Al^{3+} (ver também Anexo A).

Sendo neste estudo durante as fases de crescimento das plantas avaliadas (inicial e final), o uso do corretivo do solo não influenciou o desenvolvimento das plantas.

É provável que, no curso dos processos de mineralização, estejam sendo liberadas frações orgânicas com maior capacidade de neutralizar o Al tóxico, o que está de acordo com Silva *et al* (1999). Haja vista que a presença de material orgânico (microorganismos do solo, juntamente com o composto orgânico e esterco) fornecido pela adubação nas

covas de plantio favorece a atividade dos organismos do solo (Filser, 1995; Kirchner *et al.*, 1993), então seus resíduos servem como uma fonte de energia e nutrientes.

Assim sendo, esta etapa do estudo permite duas considerações para técnicas de plantio nesta área: primeiramente, que a prática da calagem mostrou-se pouco relevante no período avaliado, neste sentido, deve ser vista com moderação devendo-se considerar todos os fatores que predispõem ou não o solo à desagregação, isto tendo em vista a elevada disposição ao voçorocamento que a área apresenta; por fim, manter elevado o aporte de resíduos orgânicos é a prática mais oportuna, uma vez que a microbiota pode excretar no solo compostos orgânicos agregantes.

No período inicial, entre as espécies usadas, as que apresentaram maior diâmetro do caule aos 02 meses, bem como aos quatro meses, foi a *Gliricidia sepium*, seguida pelas espécies Ingá e Mutamba respectivamente, sendo que as espécies Angico vermelho, Gonçalves Alves, Jurema branca; *Acácia auriculiforme* e *Acácia mangium* tiveram desenvolvimento de diâmetro inicial menor (Tabelas 11 e 12).

Semelhantemente, apesar de ter como foco outros parâmetros da planta, Barros *et al* 2009, determinando a perda de solo e água por erosão em savana nativa e plantios de *Acácia mangium* na região Amazônica, constatou que este grupo de plantas teve bom desenvolvimento, porém, a perda foi maior em cultivos mais recentes.

Tabela 11 - Diâmetro do caule, largura da copa e altura da planta em função da espécie (nativas e exóticas) aos 02 meses do plantio em área degradada com presença de voçoroca em Uberlândia-MG.

Espécies	Componentes da planta avaliados		
	Diâmetro do caule (mm)	Largura da copa (cm)	Altura da planta (cm)
<i>acacia mangium</i> ¹	2,13c*	14,27b	15,71c
<i>Gliricídia sepium</i> ¹	6,61 ^a	40,13 ^a	34,98abc
<i>Jurema branca</i> ²	2,73c	16,23b	14,86c
<i>acacia auriculiforme</i> ¹	2,54c	24,28ab	19,19bc
<i>Gonçalo alves</i> ²	3,32c	27,85ab	22,97bc
<i>Mutamba</i> ²	5,10b	29,53ab	37,56ab
<i>angico vermelho</i> ²	3,56c	40,68 a	47,57 a
<i>Ingá</i> ²	5,49ab	29,70ab	53,67 ^a
Média	3,71	27,83	30,81

* Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knot a 5 % de probabilidade (P<0,05). ¹ Espécies exóticas ² Espécies nativas.

Tabela 12 - Diâmetro do caule, largura da copa e altura da planta em função da espécie (nativas e exóticas) aos 04 meses do plantio em área degradada com presença de voçoroca de Uberlândia-MG.

Espécies	Componentes da planta avaliados		
	Diâmetro do caule (mm)	Largura da copa (cm)	Altura da planta (cm)
<i>Gliricidia sepium</i> ¹	12.75 a ¹	39.75 a ¹	39.91 a ²
<i>Ingá</i> ²	8.83 a ²	40.87 a ¹	56.83 a ¹
<i>Mutamba</i> ²	8.49 a ²	24.91 a ²	37.15 a ²
<i>Jurema Branca</i> ²	6.98 a ²	30.87 a ²	56.20 a ¹
<i>Acacia auriculiforme</i> ¹	6.47 a ²	31.83 a ²	26.08 a ²
<i>Acacia mangium</i> ¹	5.92 a ²	24.12 a ²	51.54 a ¹
<i>Angico vermelho</i> ²	5.32 a ²	36.50 a ²	55.33 a ¹
<i>Gonçalo alves</i> ²	5.28 a ²	21.37 a ²	20.85 a ²
Média	7,5	31,2	42,9

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Skott Knot a 5% de probabilidade (P<0,05).

Nesta mesma fase, no que diz respeito à largura da copa, o Angico vermelho e a *G. sepium*, apresentaram resultados mais expressivos, sendo nas espécies Ingá, Mutamba e Gonçalves os valores encontrados foram próximos da média total (27,83cm). Faz-se necessário ressaltar, que algumas plantas apresentaram maior vulnerabilidade ao ataque de formigas cortadeiras na fase inicial do estudo, como foi o caso da nativa Mutamba, contribuindo assim para um crescimento inicial reduzido nas mesmas (Figura 19).



Figura 19 - (A), (B) - Demonstração do ataque de formigas cortadeiras na espécie Mutamba; (C), (D) - Demonstração do ataque de pulgão preto na planta *Gliricidia sepium*.

Aos 120 dias a espécie Ingá superou o Angico vermelho no crescimento da copa da planta e a *G. sepium* manteve bom desenvolvimento. O destaque observado na espécie *G. sepium* em todos os parâmetros estudados, é confirmado em experimentos realizados por Baggio & Heuveldop (1982), onde os resultados da análise química da *Gliricidia* mostraram que as folhas jovens apresentaram maior quantidade de nitrogênio e fósforo, elementos fundamentais ao crescimento inicial das plantas, levando ao desenvolvimento de talos tenros, demonstrando boa absorção e acúmulo destes nutrientes nesta espécie na fase inicial. Ainda, Ferreira *et al* (2007), avaliando o crescimento de diferentes leguminosas arbóreas na recuperação de área degradada pela mineração de areia no Aquífero Piranema-

RJ, verificou que esta espécie aos 24 meses após o plantio esteve entre as que mais cresceram em altura e diâmetro.

No mesmo estudo, a *M. artemisiana* (Jurema branca) também apresentou bons resultados. Quanto à altura inicial (02 meses), as nativas Ingá, Angico vermelho e Mutamba apresentaram maior desenvolvimento. No grupo das exóticas a maior altura foi observada na *Gliricidia sepium*; tendo *Acácia auriculiforme*, *Acácia mangium* e Jurema branca menor altura inicial. Aos 04 meses, além das espécies mencionadas com bom crescimento em altura, esta última (Jurema branca) também se destacou. Nesta fase, algumas espécies que anteriormente estavam resistentes ao crescimento, apresentaram evolução no desenvolvimento em altura (Tabelas 11 e 12).

Em princípio, observou-se que as espécies exóticas do grupo das Acácias sofreram maiores perdas iniciais, por vários motivos, dentre eles o fato das plântulas doentes em viveiro, conseqüentemente mudas menos desenvolvidas em campo, fator que resultou em perdas de tratamento na fase inicial do estudo.

Porém, no decorrer do estudo com a chegada da estação seca, onde a umidade relativa do ar esteve menor e a evapotranspiração potencial maior, o grupo das exóticas, juntamente com a nativa *M. artemisiana* (Jurema branca) e as Acácias, começaram a reverter esta situação inicial.

Tabela 13 - Diâmetro do caule, largura da copa e altura da planta em função das espécies (nativas e exóticas) aos 12 meses do plantio em área degradada com presença de voçoroca em Uberlândia-MG.

Espécies	Componentes da planta avaliados		
	Diâmetro do caule (mm)	Largura da copa (cm)	Altura da planta (cm)
<i>Acacia mangium</i> ¹	22,25 a ¹	139,62 a ¹	219,12 a ¹
<i>Gliricídia sepium</i> ¹	16,00 a ²	72,45 a ³	89,18 a ²
<i>Jurema branca</i> ²	17,22 a ²	90,77 a ²	128,33 a ²
<i>Acacia auriculiforme</i> ¹	16,40 a ²	108,00 a ²	89,30 a ²
<i>Gonçalo alves</i> ²	6,41 a ³	33,50 a ⁴	33,08 a ³
<i>Mutamba</i> ²	8,45 a ³	36,09 a ⁴	59,27 a ³
<i>Angico vermelho</i> ²	8,81 a ³	62,27 a ³	102,90 a ²
<i>Ingá</i> ²	14,83 a ²	62,25 a ³	86,16 a ²
Média	12,58	75,61	100,91

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knot a 5 % de probabilidade (P<0,05). ^{/1} Espécies exóticas. ^{/2} Espécies nativas

Contudo, os resultados apresentados na (Tabela 13) levam a constatar que no período final do estudo que contemplou o comportamento das espécies nas diversas estações do ano, o grupo das exóticas, com destaque para os valores em largura da copa e altura apresentado pela espécie *Acacia mangium* (139,62 cm e 219,12 cm, respectivamente), demonstrou maior rusticidade em todos os aspectos. Além disso, juntamente com as demais exóticas manteve as folhas verdes durante o ano inteiro (Figuras 20 A, B, C e 21) e apresentou maior resistência às formigas que o grupo das nativas, com exceção da *G. sepium*, que teve seu crescimento estabilizado na fase final do estudo, apresentando menor crescimento e maior vulnerabilidade a pragas apesar dos bons resultados iniciais (Figura 19 C e D), sendo do grupo das exóticas na fase final, a espécie que apresentou menores resultados.

No grupo das plantas nativas na fase final, o melhor desenvolvimento foi apresentado pela espécie de *Jurema branca* e *Ingá edulis*. Interessante na espécie *Jurema branca* (*Mimosa artemisiana*) que os registros de sua origem são em áreas da Caatinga,

porém, é comum sua ocorrência natural em áreas de Mata Atlântica aonde vem sido inserida em programas de revegetação. Com relação ao ingá, os resultados estão de acordo com Santana *et al* (2009) onde avaliaram em área de cerrado no Triângulo Mineiro espécies leguminosas de *Acacia polyphylla* e *Inga sessilis* que apresentaram médias semelhantes em altura e diâmetro do colo.

Assim, os valores apresentados na Tabela 13 representam entre as espécies selecionadas aquelas que apresentaram, nas condições propostas durante o período desta pesquisa, maior capacidade para utilização como medida biológica na recuperação da degradação da área em estudo.

Atualmente, diversos autores têm discutido e defendido a inserção de plantas exóticas em programas que visam à sucessão ecológica em áreas degradadas por diversas razões (ver referencial teórico sobre este assunto neste documento), porém, em síntese, estes resultados demonstram o efeito dos inoculantes utilizados nesta etapa do estudo. Neste sentido, segundo Resende *et al* (2006), a inoculação conjunta de rizóbio e fungos micorrízicos arbovasculares (FMAs) complementa a nutrição das plantas, resultando em uma maior taxa de pegamento e desenvolvimento das mudas nesses locais. Reforçando, sobretudo as afirmativas mencionadas por vários autores (SIQUEIRA & FRANCO, 1988; CAMPELLO, 1999; RESENDE & KONDO, 2001) a respeito do uso de leguminosas e inoculantes (tecnologias vegetativas e edáficas) em áreas degradadas.

Quanto às espécies Ingá e Angico vermelho, os resultados demonstrados no desenvolvimento em altura e largura da copa na fase final (Tabela 13), comprovam o retorno dos solos do cerrado quando submetidos a investimentos e manejo adequado, mesmo em condições degradadas.

Outra observação interessante está na deposição de folhas que as plantas de *A. mangium* estão proporcionando no local (Figura 21), demonstrando a eficiência desta para a finalidade proposta.

No passado, alguns estudos foram feitos na área vizinha para avaliar diminuição do processo erosivo, através de diferentes coberturas vegetais do solo, como por exemplo, Pinese *et al* (2008), os quais trabalhando com monitoramento de erosão laminar em

parcelas com diferentes usos da terra durante sete meses verificaram que a parcela contendo solo exposto perdeu 665,17 g m⁻², o que representa 66,517 Kg ha⁻¹ de solo erodido, enquanto as parcelas contendo milho e brachiaria perderam por erosão 14,214 Kg ha⁻¹ e 0,076 Kg ha⁻¹, respectivamente. No mesmo estudo, a área da mata apresentou maior resistência para a ocorrência de erosão laminar do solo, perdendo 0,008 Kg ha⁻¹ de solo.

Sendo assim, uso de espécies exóticas, juntamente com seus atributos condicionantes no melhoramento do solo, consorciadas com espécies que se adaptam bem nas condições em questão, contribuirão para o re-estabelecimento das nativas, tanto as utilizadas na pesquisa, como outras presentes na circunvizinhança.

Aparentemente, a maior parte das espécies não demonstrou em campo, resistência à alta temperatura regional e natureza cascalhenta do solo, entretanto, deve-se considerar que algumas espécies se sobressaem melhor em determinados ambientes que em outros e, com isso, precisam ser mais estudadas.

Ainda, embora a sobrevivência das espécies seja condição necessária para o sucesso da revegetação, Martins et al (2001) salientaram que as variáveis ambientais podem interferir no comportamento das espécies.

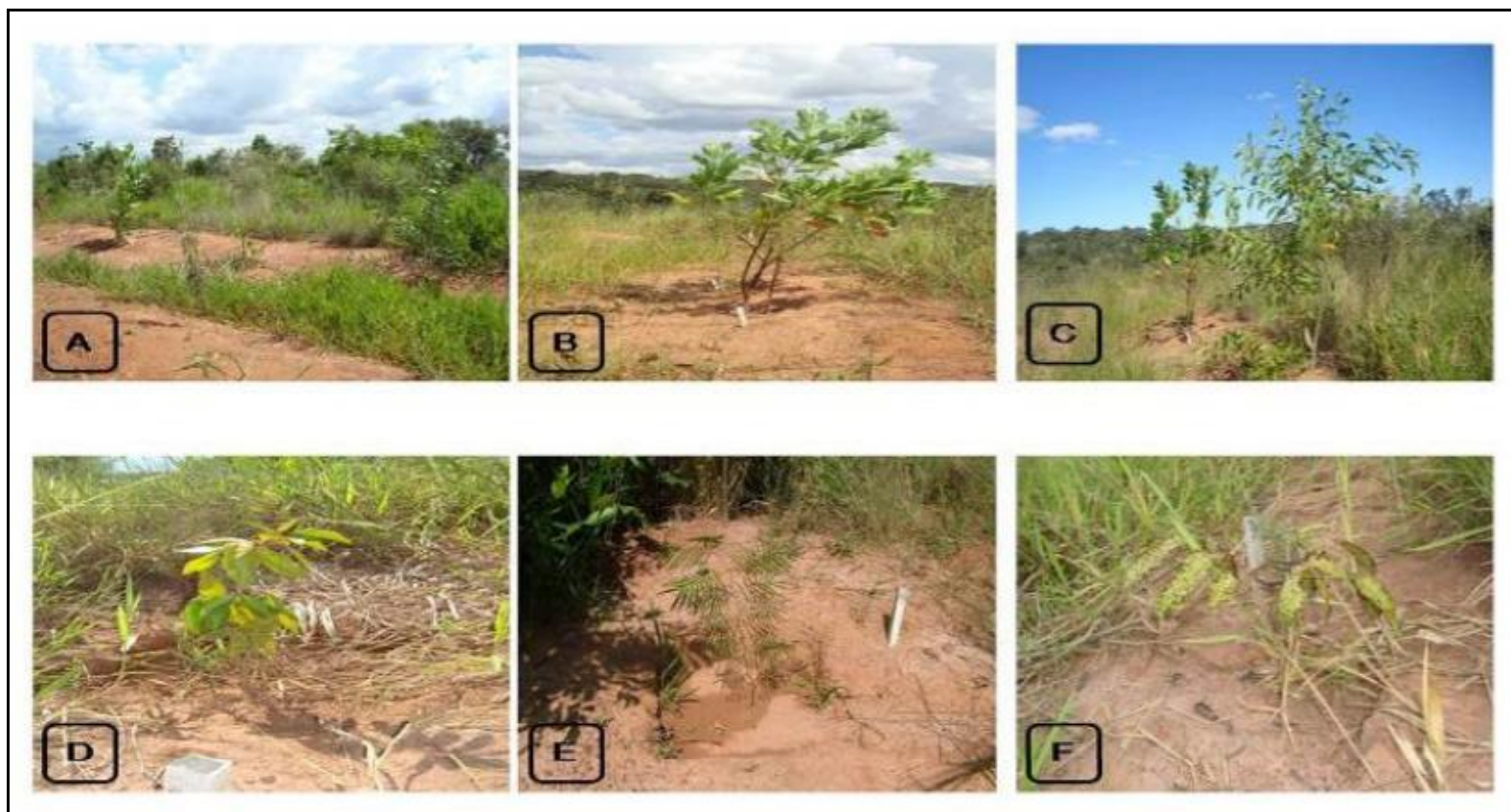


Figura 20 - (A) – Representação da distribuição das plantas em campo. Exóticas (esq. e dir.) com Nativa (no meio); (B), (C) - Exótica: Espécies do grupo das acacias (*A. mangium* e *A. auriculiforme*); (D) - Nativa: Ingá (esq.) após um ano de plantio na área de estudo; (E) - Espécie Gonsalo Alves, após um ano de plantio (no grupo das nativas a que apresentou menor desenvolvimento nas variáveis analisadas).



Figura 21 - Aspectos da vegetação instalada na área de estudo: (A), (B),(C) – Deposição de material orgânico (serapilheira) proporcionado pela espécie *A. mangium*.

4.4.2 Revegetação do Interior dos canais secundários (herbáceas)

1- Primeira etapa

Na revegetação da parte interna dos CS, o objetivo foi avaliar o desenvolvimento e estabelecimento, nas condições de desmoronamento das paredes e consequente degradação interna. Desta forma, foram implantadas duas espécies de leguminosas herbáceas (*Macrotyloma axillare*-Java e *Arachis pintoii*- Amendoim forrageiro), confrontando os resultados apresentados a fim de selecionar aquela que proporcionasse melhor revestimento vegetal superficial em menor espaço de tempo.

Desta forma, aos trinta dias do plantio as espécies usadas apresentaram pouca diferença significativa no crescimento em diâmetro do caule, sendo os valores médios 0,135 mm para o *A. pintoii* e 0,137 para *M. axillare*. No que se refere ao desenvolvimento

em altura, as médias apresentadas foram 14,05cm e 45,09 cm (Tabela 14).

Entre as espécies usadas, no que diz respeito à característica destas em diâmetro do caule e altura da planta aos 120 dias da semeadura a espécie *M. axillare*, apresentou a maior média dos valores, sendo 2,561 mm e 74,04 cm respectivamente, enquanto o *A. pinto* apresentou 3,148mm de diâmetro e 28,067cm de altura (Tabela 15).

Por embasamento nos resultados apresentados, as espécies usadas apresentaram boa germinação nas primeiras semanas, bem como, apropriado desenvolvimento de caule aos 30 dias, demonstrando semelhantes características na fase inicial. Em contrapartida, para a altura da planta, este valor foi maior na *M. axillare*, comprovando assim o “caráter agressivo” desta espécie e sua adaptação em ambientes degradados.

Sobretudo, comprovando os resultados apresentados e analisando a área de cobertura dos canteiros pelas plantas, apesar da adaptação e crescimento do *A. Pinto* (Figuras 22 e 23 A) este resistiu durante o período de estudo em atingir as áreas externas dos canteiros (solo sem adubação de natureza cascalhenta). Desta forma, permanecendo a favor do fluxo continuo que contem sedimentos sendo aterrado durante chuvas intensas (Figura 23 C) ao passo, que na *M. axillare* a partir dos primeiros meses, foi possível observar seu crescimento em direção às paredes dos canais erosivos (Figura 22, D, E e F).

Tabela 14 - Crescimento do *Arachis pintoi* e *Macrotyloma axillare* em diâmetro do caule e altura da planta aos 30 dias do plantio no interior das voçorocas secundárias em estudo.

<i>A. pintoi</i>	<i>Diâmetro do Caule (mm)</i>	<i>Altura planta (cm)</i>
Canal 1	0,132	11,58
Canal 2	0,122	14,36
Canal 3	0,135	13,36
Canal 4	0,152	16,9
Média	0,135	14,05
<i>M. axillare</i>	<i>Diâmetro Caule (mm)</i>	<i>Altura planta (cm)</i>
Canal 1	0,139	50,52
Canal 2	0,115	29,32
Canal 3	0,121	45,08
Canal 4	0,174	55,46
Média	0,137	45,095

Tabela 15 - Crescimento do *Arachis pintoi* e *Macrotyloma axillare* em diâmetro do caule e altura da planta aos 120 dias do plantio no interior das voçorocas secundárias em estudo.

<i>A. Pintoi</i>	<i>Diâmetro Caule (mm)</i>	<i>Altura planta (cm)</i>
Canal 1	2,662	10,9
Canal 2	3,264	15,9
Canal 3	3,198	22,5
Canal 4	2,982	45,8
Média	3,148	28,067
<i>M. axillare</i>	<i>Diâmetro do Caule (mm)</i>	<i>Altura planta (cm)</i>
Canal 1	3,19	36,1
Canal 2	1,08	63,76
Canal 3	2,792	73,86
Canal 4	3,184	122,46
Média	2,561	74,045



Figura 22 - Aspectos da vegetação instalada na área de estudo: (A) - Canteiros instalados no interior dos CS; Germinação das primeiras semanas: (B) - *A. pintoi*, (C) - *M. axillare*. Germinação de *M. axillare*: (D) - após 30 dias da sementeira; (E) e (F) após 60 dias.

O destaque observado na espécie *M. axillare* em todos os parâmetros estudados, é confirmado em experimentos realizados por Silva *et al* (2007), onde trabalhando com diferentes adubações, os resultados de crescimento desta espécie demonstraram-se mais significativos nos tratamentos próximos às condições naturais de baixa fertilidade do solo em área degradada do Norte de Minas Gerais.

Assim, o uso das espécies herbáceas considerando seus atributos de desenvolvimento vegetativo demonstrou potencial para contribuir na revegetação do interior de voçorocas.

Entretanto, para esta finalidade a espécie Java (*Macrotyloma axillare*) apresentou resultados mais significativos nas condições propostas neste estudo em relação ao Amendoim forrageiro (*Arachis Pintoi*).



Figura 23 - Aspectos da vegetação instalada na área de estudo: (A) – Desenvolvimento da espécie *Arachis pintoi*.; (B) - Canteiro de *M. axillare* após perda total das folhas por formigas cortadeiras na fase inicial. (C)- Canteiros de *A. pintoi* (esq.) e *M. axillare* (dir.) no mesmo CS da foto anterior (após intenso desmoronamento).

2- Segunda etapa

Diante dos resultados obtidos na primeira fase da revegetação interna dos CS (descrita anteriormente), ficou evidenciado que a espécie *M. axillare* se sobressai com relação ao potencial de sobrevivência na área. Assim, esta última parte se justifica com o objetivo de avaliar o desenvolvimento desta planta em uma escala de plantio maior, ou seja, implantando-a em toda a extensão interna dos referentes canais. Assim, observar seu potencial para ajudar a reduzir os movimentos de massa constantes.

Este estudo foi realizado entre o final de outubro de 2009 a março de 2010, a fim de avaliar seu desenvolvimento em (diâmetro do caule e altura da planta) e produção de massa (seca) em um quadrado médio de 0,5 x 0,5 metros, e principalmente observar seu comportamento durante os eventos chuvosos.

A espécie *Macrotyloma axillare*, como anteriormente (primeira etapa) apresentou boa germinação nas primeiras semanas, bem como, bom desenvolvimento no que diz respeito à área de cobertura na fase inicial (Tabelas 16 e 17 e Figura 24). Aos trinta dias e quatro meses do plantio houve diferenças significativas na espécie herbácea no que diz respeito ao diâmetro do caule e altura da planta. Houve alta variação de valores, sendo que os resultados médios de diâmetro do caule foram 1,42 mm e 2,51 mm respectivamente (Tabelas 16 e 17).

Tabela 16 - Crescimento da *Macrotyloma axillare* em diâmetro do caule aos 30 dias (primeiro mês) e 120 dias (quatro meses) do plantio na segunda fase da revegetação interna das voçorocas (CS) na área de estudo.

Diâmetro do caule Ø (mm)		
Canal erosivo	1 mês de plantio	4 meses de plantio
1	1,52	3,19
2	1,44	1,08
3	1,20	2,79
4	1,52	3,00
Média	1,42	2,51

Tabela 17 - Crescimento em altura da planta de *Macrotyloma axillare* aos 30 dias (primeiro mês) e 120 dias (04 meses) do plantio na segunda fase da revegetação interna das voçorocas (CS) na área de estudo.

Altura da planta (cm)		
Canal erosivo	1 Mês de Plantio	4 Meses de Plantio
1	12,9	36,1
2	11,36	63,76
3	11,36	73,86
4	16,82	122,46
Média	13,11	74,04

Do ponto de vista do tempo de cobertura superficial do solo, a (Figura. 25) ilustra um dos canais erosivos um ano antes dos atuais estudos, após estação seca na primeira fase, quando foi comparada com *A. Pinto*, desta forma, permitindo demonstrar a satisfatória área de cobertura do canal proporcionada pela planta no período final.

Durante o estudo ocorreram desmoronamentos nas paredes de alguns canais erosivos (Figura 26 A), porém, a planta conseguiu barrar grande parte do material carregado e posteriormente desenvolver-se sobre estes, funcionando assim, como barreira viva.

Para o desenvolvimento em altura, as médias apresentadas foram 13,11cm no primeiro mês e 74,04cm no quarto mês (Tabelas 16 e 17). Á partir dos primeiros meses, foi possível observar seu crescimento em direção às paredes dos canais erosivos (Figura 26).



Figura 24 - Aspectos da vegetação instalada na área de estudo: (A) – Plantio em outubro/2009; (B) e (C) - dia 06/11/2009 (uma semana pós-semeadura); (D) - dia 27/11/ 2009 (próximo a um mês da semeadura).

No que diz respeito à área ocupada pela planta, a *M. axillare* proporcionou alta cobertura da superfície do solo, ocupando o interior dos canais erosivos em curto espaço de tempo (Figuras 25 e 26).

Estes resultados corroboram com os obtidos por Perin (2001), o qual apesar de trabalhar com outra espécie herbácea (mucuna cinza) em área com menor grau de degradação, observou que a velocidade de crescimento foi alta, inclusive nos primeiros dias de plantio, tendo ocorrido a cobertura plena do solo aproximadamente aos 37 dias.



Figura 25 - Aspectos da vegetação instalada na área de estudo: (A) – Dia 01/11/2009 germinação de plântulas, próximas à canteiro de Java instalado em 2009; (B) - Dia 13/11/2009; (C) - Dia 31/03/ 2010 (final da avaliação com total ocupação interna pela planta no canal erosivo).

Tabela 18 - Valores de altura da parte aérea (cobertura vegetal), matéria fresca (massa verde), matéria seca (massa seca) aos quatro meses da semeadura de *M. axillare* nos canais secundários em estudo.

Canal Erosivo	Componentes da planta avaliados		
	Altura da cobertura vegetal aérea (cm)	Matéria fresca (g)	Matéria seca (g)
1	53	455	88,65
2	50	715	171,40
3	65	525	121,39
4	50	795	193,97
0	-	85	21,19
<i>Média</i>	54,5	622,5	143,85

* As médias apresentadas são referentes aos canais erosivos que contêm a *Macrotyloma axillare*.

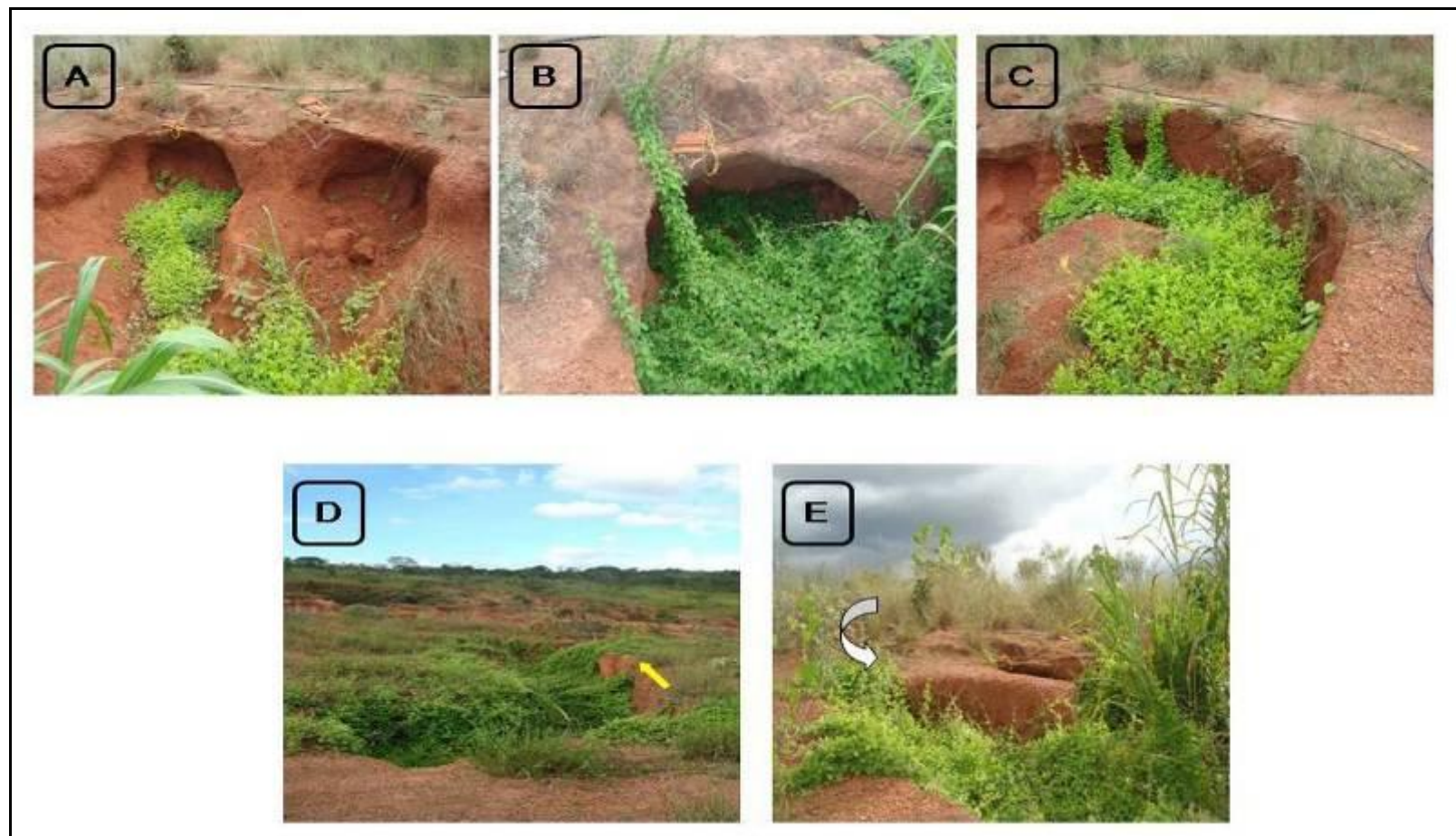


Figura 26 - Aspectos da vegetação instalada na área de estudo: **(A), (B)** - Representação da erosão por solapamento com desmoronamento (barreira viva proporcionada pela *M. axillare* após 45 dias da semeadura); **(C), (D)** Preenchimento das feições erosivas pela *M. axillare* (hábito de crescimento “trepadeira” ocupando as paredes); **(E)** - Ilustração da revegetação conjunta, demonstrando a espécie *A. mangium* (parte externa) e *M. axillare* (parte interna) em relação aos canais secundários.

A eficácia da cobertura do solo para o controle da erosão pode ser observada no trabalho de AMORIN (2003), o qual verificou em um Latossolo Vermelho Amarelo que a manutenção da cobertura vegetal contribuiu para a redução percentual das perdas de solo e de água aproximadamente em 95% e 68%, respectivamente. Neste sentido analisando as (Tabela 18 e Figuras 27 e 28) verifica-se para esta finalidade a potencialidade da espécie empregada.

Em relação aos tratos culturais da planta em campo durante a pesquisa, tendo em vista a dificuldade de manejar espécies leguminosas no que tange a sua suscetibilidade às formigas cortadeiras, observou-se que o uso de formicidas durante as fases de crescimento da planta se faz necessário. Todavia, a espécie apresentou excelente capacidade de rebrota poucas semanas após ataque por hemípteros.

Quanto à altura apresentada no período de avaliação, a espécie atingiu tamanhos satisfatórios que permitiram rápido alcance às paredes dos canais erosivos (Figuras 28). Demonstrando assim, potencial para contribuir na redução de desmoronamentos e carreamento interno de material durante os períodos chuvosos que sobrevirão. Entretanto, neste aspecto, faz-se necessário um período maior de avaliação concomitante à análise e quantificação de perda de sedimentos.

Outro fato relevante, é que a *M. axillare* proporcionou umidade e sombreamento ao solo, permitindo o surgimento de outras espécies vegetais de ocorrência local. Estas observações vão de encontro às constatações mencionadas no trabalho de Valcarcel; Silva (2000) onde sugerem que o surgimento espontâneo de plantas como parâmetro bio-indicador do processo de recuperação ambiental de uma área degradada esteja entre as formas de avaliação da eficácia conservacionista das medidas mitigadoras de impactos ambientais.

Nestes contextos, o uso da espécie herbácea Java (*Macrotyloma axillare*) em proposta, através de seus atributos demonstrou potencial de uso em técnicas de conservação que visam aumentar a cobertura vegetal do solo, e reduzir a perda de sedimentos por erosão hídrica no interior de voçorocas.



Figura 27 - Registro da erosão por queda d'água durante um evento chuvoso na área de estudo em janeiro de 2009. Detalhe para técnica- vegetativa recebendo o impacto da água em um dos canais erosivos.



Figura 28 - Registro da contenção do fluxo hídrico interno pela técnica vegetativa com (*M. axillare*) em conjunto com a técnica física (sacos de rafia) em um dos canais erosivos durante um evento chuvoso em janeiro de 2009.

Entretanto faz-se necessário salientar que o hábito de crescimento horizontal característico das plantas herbáceas “trepador” (Figura 26), deve ser levado em consideração para o caso de introdução da espécie na parte externa dos canais e em áreas com arbustos que ainda não atingiram a maturidade, a fim de evitar inibição e competição principalmente com espécies nativas.

Sobretudo, a condução deste trabalho de revegetação tanto no que tange às espécies arbóreas quanto às herbáceas, leva a sugerir a continuidade destes estudos para avaliar outros parâmetros que possam retratar com mais clareza a real situação ecológica local.

De tal modo, possa indicar o grau de efetividade das espécies plantadas em restabelecer condições para que a sucessão ecológica consiga prosseguir na área. Ainda, buscar futuramente maiores baseamentos em levantamentos fitossociológicos, a fim que se possa inserir maior número de espécies nativas de ocorrência local.

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer deste trabalho procurou-se evidenciar o potencial do uso conjunto de medidas consideradas por outros autores como simples e de baixo custo, para amenizar o processo erosivo em voçorocas.

Tendo em mente a proposição e utilização de medidas de recuperação, o cuidado em todos os andamentos da pesquisa concentrou-se em unir subsídios (alguns qualitativos outros quantitativos) que contemplassem indicadores da mudança da paisagem. Desse modo, em todos os procedimentos adotados verificou-se algum aspecto que justifique o uso das técnicas adotadas por aqueles que compartilhem o interesse pela Recuperação de Áreas Degradadas.

Na área estudada, a elevada espessura da camada de cascalho e instabilidade do horizonte C, aliados a fatores de natureza antrópica e pedológica contribuíram para o agravamento do processo erosivo nas voçorocas secundárias pesquisadas.

Assim, devido ao manejo inadequado do solo houve a perda dos horizontes superficiais, condizendo o material presente atualmente a classificação do ponto de vista pedológico como unidades de mapeamento que representam pouco ou nenhum solo natural, podendo também ser chamadas de “tipo de terreno”.

O uso associado das práticas conservacionistas restringiu principalmente no interior das incisões erosivas, as áreas expostas ao impacto direto da chuva. Sobretudo, no período final do estudo diminuiu a evolução erosiva e atividade das voçorocas estudadas.

O uso em conjunto do *mulching* vertical e do terraço, proporcionou armazenamento do excesso de fluxo hídrico, demonstrando serem medidas eficazes para trabalhos desta natureza.

Entretanto, tendo em vista o tipo de erosão predominante (remontante/solapamento) e o nível de base próximo a superfície do solo, seja interessante analisar o uso destas técnicas de forma isolada em um local que a área de contribuição seja mais extensa, buscando proporcionar umidade próximo às raízes das plantas e evitar os desmoronamentos nas paredes dos canais.

A paliçada de bambu e os sacos de ráfia foram eficientes como Técnica Física no barramento do excesso de material que seria transportado pelo fluxo hídrico na parte interna das voçorocas estudadas.

A Técnica Vegetativa (Biológica / Edáfica) de revegetação com leguminosas arbóreas na parte externa, principalmente as que foram submetidas à inoculação de (rizóbios e micorrizas), bem como, a herbácea implantada na parte interna contribuíram para o aumento da cobertura vegetal na superfície da área estudada.

De maneira que para as espécies arbóreas, os melhores resultados foram apresentados pelas plantas de *Acacia mangium*; *Acacia auriculiforme*; Jurema branca (*Mimosa artemisiana*); Angico Vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*) e Ingá (*Inga edulis*).

A espécie Java (*Macrotyloma axillare*) apresentou melhor desenvolvimento (crescimento) em relação ao *Arachis pintoi*. Evidenciando maior potencialidade entre as espécies herbáceas analisadas para formação de cobertura vegetal no interior de feições erosivas em forma de voçorocas.

Todavia, admite-se que este assunto não se encerra aqui havendo ainda muitos estudos a serem feitos, principalmente pela complexidade que envolve o manejo de áreas degradadas, pois cada ação empenhada na recuperação destes ambientes proporciona uma nova situação (vegetação, tipo de solo, tipo e nível de impacto etc.) e variam muito. Por esta razão a RAD deve ser vista e executada de forma integrada: práticas físicas, contenção de sedimentos e práticas biológicas, analisando o ambiente de forma sistêmica e integrada.

Sendo assim, a primeira providência a ser tomada na recuperação de uma área é o “planejamento estratégico” do processo, através de equipes multidisciplinares.

Sobretudo, as atividades realizadas até o presente momento demonstram que a pesquisa é apenas um “primeiro passo” e requer uma maior avaliação das técnicas conservacionistas adotadas, porém, os resultados obtidos até aqui apontam o potencial das mesmas para a finalidade proposta.

No que concerne às facilidades e dificuldades encontradas para realização deste trabalho, destacam-se:

Semelhantemente, ao demonstrado no trabalho de Machado (2007), o ônus referente à contratação de mão de obra e aquisição de insumos para produção das mudas estão entre os fatores que elevam o valor a ser investido nos programas de recuperação em áreas degradadas. Tornando a prática ainda pouco acessível para maioria, principalmente ao pequeno produtor rural.

Entretanto, há a possibilidade de redução do custo com uso de mão-de-obra familiar e utilização de insumos encontrados na propriedade.

Concretizar esta pesquisa em ambiente experimental e acadêmico trouxe a facilidade de acesso e apoio em parte dos custos durante a fase de implantação das técnicas em campo. Por outro lado, a proximidade com outras propriedades rurais ocasionou a dificuldade de manutenção do isolamento da área.

Outro aspecto para o qual se faz necessário chamar atenção, é que para esta pesquisa não foi possível trabalhar com todas as espécies vegetais desejadas, principalmente no grupo das nativas, dadas as dificuldades encontradas para aquisição ou produção das mesmas.

Nesta linha, no que concerne às espécies vegetais inseridas (exóticas e nativas) em ambientes degradados, apesar dos vastos resultados satisfatórios na introdução de espécies tanto da Família Leguminosae como também de outras e os benefícios que as mesmas têm proporcionado aos diversos ambientes brasileiros, deve-se cuidar para que no anseio de resolver-se o problema de baixa cobertura vegetal, espécies nativas e exóticas não fracassem devido ao pouco conhecimento técnico sobre a sua biologia e seu comportamento em reflorestamentos artificiais.

Isto buscando evitar os efeitos fitotóxicos no campo, para que as espécies escolhidas na revegetação não comprometam o processo sucessional através da inibição do desenvolvimento radicial das sementes encontradas no banco de sementes natural do local.

Ao consolidar este trabalho, fica o reconhecimento da importância das pesquisas anteriores realizadas nesta área, as quais forneceram alicerces fundamentais para a realização deste estudo.

Contudo, admite-se para esta pesquisa a deficiência do emprego de um método de avaliação direta que quantifique a perda de solo, o ponto chave de trabalhos desta natureza.

Para tanto, seria necessária a implantação de uma estrutura que coletasse todo ou parte dos sedimentos carregados e assim, a obtenção desta quantidade em volume de material perdido (transferido). Porém, esta é uma difícil tarefa, dada a natureza do ambiente em questão principalmente no período de estudo proposto.

Assim sendo, na perspectiva das pesquisas em voçorocas, a ausência de um “tempo zero” adequado dificulta o manejo e tratamento dos dados, o que infelizmente, é um problema enfrentado pelos pesquisadores em erosão de solos de forma geral.

No contexto geral nas literaturas a que se foi possível o acesso, há uma reduzida quantidade de dados sobre trabalhos que tratam do uso das tecnologias de baixo custo voltadas para RAD, fato entre outros, que dificulta a tomada de decisões.

Desta forma, no momento atual da pesquisa em Erosão dos Solos no Brasil, onde já existem inúmeros resultados experimentais obtidos em várias partes do país, publicados ou não; dispersos e desconhecidos. Há a necessidade e perspectiva nos estudos com voçorocas, no sentido de reunir as informações existentes em um grande banco de dados que contemplasse:

O desenvolvimento e refinamento de técnicas tanto de baixo, quanto alto custo com estudo de indicadores de recuperação;

Maior compreensão dos fatores “abaixo da superfície”;

Efeito de voçorocas sobre a qualidade da água;

Modelamento: modelos físicos e conceituais;

Estudos em escala regional utilizando ferramentas de SIG;

Relação com mudanças climáticas globais;

Estudos de valoração ambiental x social.

Estudos voltados ao desenvolvimento de um modelo de predição de erosão para características específicas de agro-ecossistemas brasileiros.

Assim, certamente esse empreendimento teria mais sucesso e os estudos desta natureza teriam maior embasamento técnico-científico.

Além dos objetivos supracitados no decorrer do texto, a expectativa a partir deste trabalho foi despertar em todos à que ele tenha acesso e principalmente utilizam o solo para sua subsistência, o interesse em conhecer um pouco mais sobre o manejo conservacionista a que estão passíveis as áreas que se encontram degradadas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. R. Erosão dos solos e suas conseqüências. **Informe Agropecuário, Belo Horizonte**, v. 7, n. 80, p. 17-26, 1981.

AMORIM, R. S. S. **Avaliação dos modelos de predição da erosão hídrica USLE, RUSLE e WEPP para condições edafoclimáticas Brasileiras**. 2003. 116 f. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

ALVES, R. R. **Monitoramento dos processos erosivos e da Dinâmica Hidrológica e Sedimentação de uma voçoroca: Estudo de caso na Fazenda do Glória na zona rural de Uberlândia-MG**. 2007. 106 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, 2007.

BACCARO, C. A. D. Estudos Geomorfológicos do município de Uberlândia. **Revista Sociedade e Natureza. Uberlândia**, ano 1, n. 1, p.17-21, jun/1989.

BAGGIO, A. J.; HEUVELDOP, J. Implantação, manejo e utilização do sistema agroflorestal cercas vivas de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud., na Costa Rica. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Curitiba, n. 5, p. 19-52, 1982.

BAHIA, V. G. CURI, N.; CARMO, D. N. Fundamentos da erosão do solo. **Informe Agropecuário, Belo Horizonte**, v. 16, n. 176, p. 25-31, 1992.

BELOTTI, F. M.; OLIVEIRA, C. V. Perda de solo por erosão na agricultura: a influencia do manejo na variação das taxas de erosão em dois cambissolos localizados no município de Brumadinho/MG. In: **REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA**. 2004 UFSM, Santa Maria, 2004. CD ROM.

BERTOL, I.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Comprimento crítico de declive em sistemas de preparos conservacionistas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 21, p139-148, 1996.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ed. Ícone, 1993. 352p.

BOTELHO, R. G. M.; GUERRA, A. J. T. Erosão dos solos. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T (Orgs.). **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p. 181-220.

BRAUN, W. A. G. Contribuição ao estudo da erosão no Brasil e seu controle. **Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro**, v. 23, p. 591-642, 1965.

CAMPELLO, E. F. C. Sucessão vegetal na recuperação de áreas degradadas. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. de (Orgs.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV, 1998. p. 183-194.

CAMPELLO, E. F. C. **A influência de leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio na sucessão vegetal em áreas degradadas na Amazônia**. 1999. 121 f. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.1999.

CAMPOS, E. H.; ALVES, R. R.; SERATO, D. S.; RODRIGUES, S. C. A ocorrência de feições erosivas como evidência da evolução de voçoroca em Uberlândia-MG. In: **Revista Brasileira de Geografia Física. Recife**, v.1 n.02, p.64-77. Set/Dez 2008.

CARPANEZZI, A. A.; COSTA, L. G.; KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A. Funções múltiplas das plantas: conservação e recuperação do meio ambiente. In: **CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO**, 6., 1990. Campos do Jordão, Anais Campos do Jordão, SP, 1990. p. 216-217.

CARVALHO, D.F.; MONTEBELLER, C.A.; CRUZ, E.S. DA.; CEDDIA M.B.; LANA, A.M.Q. Perdas de solo e água em um Argissolo Vermelho Amarelo, submetidos a diferentes intensidade de chuva simulada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande**, v.6, n.3, p.385-389, 2002.

CARVALHO, J. C.; SALES, M. M.; SOUZA, N. M.; MELO, M. T. S. *Processos Erosivos no Centro-Oeste Brasileiro*. Universidade de Brasília: FINATEC. Brasília, 2006. 464p.

CASSOL, E. A.; REICHERT, J. M. Pesquisa em erosão do solo no Brasil. p.399-420. In: ARAÚJO, Q. R. (Org.). **500 anos de uso do solo no Brasil**. Ilhéus: Editora UESC, 2000. 605p.

CASTRO, O. M. de. Conservação do solo e qualidade dos sistemas produtivos. **O Agrônomo, Campinas, v. 43, n. 2-3, p. 1-43, 1991.**

CHAVES, H. M. L. Método estocástico para a estimativa da erosão em sulcos e voçorocas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 18, p. 285-294, 1994.**

COSTA, N. M. S.; CURADO, T. F. C. Leguminosas para pastagens cultivadas em Minas Gerais. **Informe Agropecuário, v.6, n.71, p.18 – 30, 1980.**

COSTA, P. Recuperação de Áreas Degradadas e Restauração Florestal em Roraima - **Iniciativas Promissoras**. EMPRAPA. 2006.

CRUSH, J. R.; COSGROVE, G. P.; BROUGHAM, R. W. Nitrogen fixation during 1979-81. In *Pastures on Manawatu plains*. **New Zealand Journal of Experimental Agriculture, v.11, p.17-20, 1983.**

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

DAEE-Departamento de águas e energia elétrica do Rio de Janeiro. *Controle de erosão: bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientações para o controle de voçorocas urbanas*. São Paulo: DAEE/IPT, 1989. 92p.

DECHEN, S.C.F.; PROCHNOW, D. Erosão e produtividade. **O Agrônomo, Campinas, v.55, n.1, p.22-24, 2003** (Informações Técnicas).

DENARDIN, J.E. **Estudo da enxurrada**. Curso de manejo e conservação do solo para técnicas de nível superior. Santa Maria, 1980. 12p.

DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A.; COGO, N.P. & BERTOL, I. A experiência prático-científica em conservação do solo no Planalto Sul-Rio-Grandense. In: **REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO**. 4, Porto Alegre, 2002. UFRGS, 2002. CD-ROM.

DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A.; COGO, N.P. & BERTOL, I. Terraceamento em sistemas conservacionistas de preparo do solo: II - Análise prática e um relato de caso. In: **REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA**, 15, Santa Maria, 2004. *Manejo: Integrando a ciência do solo na produção de alimentos*. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004. CD-ROM

DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A.; FLORES, C.A.; FERREIRA, T.N.; CASSOL, E.A.; MONDARDO, A.; SCHWARZ, R.A. *Manejo de enxurrada em sistema plantio direto*. Porto Alegre: Fórum Estadual de Solo e Água, 2005. 88p.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F.X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília/DF. v.20, p. 761-773. 1986.**

DIAS, L.E. O papel das leguminosas arbóreas noduladas e micorrizadas na recuperação de áreas degradadas. In: *Curso de Atualização em Recuperação de Áreas Degradadas*, 3, 1996, Anais, UFPR, Curitiba, 1996. p.9-6.

DIAS, P. F. **Importância da Arborização de Pastagens com Leguminosas Fixadoras de Nitrogênio**. 2005. 128f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Rio de Janeiro, 2005.

DÖBEREINER, J. Potential for nitrogen fixation in tropical legumes and grasses In: DÖBEREINER, BURRIS, R. H.; HOLLAENDER, A. **Limitations and Potentials for Biological Nitrogen Fixation in the Tropics**. New York: Plenum Press, p.13-24 1978.

DOTTO, J. M. R.; RIGUES, A. A. Efeitos do manejo do solo nas perdas por erosão. **Revista do Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, v 19, p. 19-30, 1989.**

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. **Mapa de Reconhecimento dos solos do Triângulo Mineiro**, 1980.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos. Levantamento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro. **Boletim de pesquisa, 1**. Rio de Janeiro, 1982. 526p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 19. 212p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 300p.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Soil Survey Manual. Washington, D. C., Government Printing Office, 1951. 5.031 p. (Agricultural Handbook, 18).

F.A.O- National Soil Degradation maps. Presente em: <http://www.fao.org/landandwater/agll/glasod/glasodmaps.jsp?country=BRA&search=Display+map+%21>, Acesso em 20/06/2008.

FENDRICH, R.; OBLADEN, N. L.; AISSE, M. M.; GARCIAS, C. M. **Drenagem e controle da erosão urbana**. Curitiba: Ibrasa Champagnat, 1988. p. 1-442.

FERREIRA, A. P.; CAMPELLO, E. F. C.; FRANCO, A. A.; RESENDE, A. S. de. Uso de Leguminosas Arbóreas Fixadoras de Nitrogênio na Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração de Areia no Pólo Produtor de Seropédica/Itaguaí. (*Comunicado Técnico*, 236). Seropédica: Embrapa-CNPAB, 2007. 27 p.

FERREIRA, L. **Avaliação indireta da erodibilidade em solos com altos teores de ferro e aspectos relacionados com a mineralogia e micromorfologia**. 1992. 82f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1992.

FIGUEIREDO, L. H. A.; BAHIA, V. G. Controle da erosão em terras não cultivadas. **Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 19, n. 191, p. 79-84, 1998.**

FILSER, J. The effect of green manure on the distribution of collembolan. In: A permanent row crop. **Biology and Fertility of Soils, Berlin, v.19, n.4, p.303-308, 1995.**

FRANCO, A. A.; DÖBEREINER, J. A biologia do solo e a sustentabilidade dos solos tropicais. **Summa Phytopathologica, Piracicaba**, v. 20, n. 1, p. 68-74, 1994.

FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M.; SILVA, E. M. R. Revegetação de solos degradados. **Comunicado técnico. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, EMBRAPA, CNPAB**, n. 9 out. 1992, p. 1-9; dez. 1992, Rio de Janeiro. rev. mod.

FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C. Utilização de leguminosas em cercas e moirões vivos e na recuperação de áreas degradadas. In: **SUSTENTABILIDADE DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE LEITE A PASTO E EM CONFINAMENTO**, 2001, *Anais*. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2001. p. 109–126.

FUGIMOTO, N. S. V. M. Alterações ambientais na Região Metropolitana de Porto Alegre- RS: um estudo geográfico com ênfase na Geomorfologia Urbana. In: NUNES, J. O. R.; ROCHA, P. C. **Geomorfologia: Aplicação e Metodologias**. p. 104 . Org.. 1º ed. São Paulo: Expressão Popular: UNESP, 2008. 192p.

GARCIA, S. M. **Mulching Vertical e Maneio da Água em Sistema de Plantio Direto**. 2005. 193f. Tese (Doutorado) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria-RS, 2005.

GATTO, A.; WENDLING, I. **Solo, Planta e Água na Formação de Paisagem**. Viçosa: ed. Aprenda Fácil, 2002. 144p.

GOEDERT, W. J.; WAGNER, E.; BARCELLOS, A. O. Savanas Tropicais: dimensão, histórico e perspectivas. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 2008. p. 47-77.

GOULART, R. M. **Atributos de solos e comportamento de espécies florestais em processo de estabilização de voçorocas**. 2005. 91f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 2005.

GRAY, D. H.; LEISER, A. T. **Biotechnical slope protection and erosion control**. Florida: Krieger Publishing Company Malabar, 1989. 271p.

GRIFFITH, J.J. *Recuperação de Áreas Degradadas em unidades de conservação*. Viçosa: UFV, 1986.

GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Orgs.). **Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 17-55p.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (Orgs.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p.149-199.

GUERRA, A. J.; SILVA, A. S. da.; BOTELHO, R. G. M. Processos Erosivos e Preservação de áreas de Risco de Erosão por Voçorocas. **Erosão e Conservação dos Solos**, Rio de Janeiro: Bertrad Brasil, 2007. 340p.

ROCHA, G. L. *Introdução e seleção de leguminosas forrageiras tropicais*. In: **SEMINÁRIO SOBRE METODOLOGIA E PLANEJAMENTO DE PESQUISA COM LEGUMINOSAS TROPICAIS**, Instituto de Pesquisa Agropecuária do Centro Sul. p.169 -180, 1971.

HERNANI, L.C.; FREITAS, P.L.; PRUSKI, F.F.; MARIA, I.C.; CASTRO FILHO, C.; LANDERS, J.C. A erosão e seu impacto. In: MANZATTO, C.V.; FREITAS JÚNIOR, E.; PERES, J.R.R. *Uso agrícola dos solos brasileiros*. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 174p. 2002. p.47-60

IBAMA-Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Manual de Recuperação de Áreas Degradadas pela mineração**. Brasília, 1990. 96p.

KAGEYAMA, P. Revegetação de Áreas Degradadas: Modelos de Consorciação com Alta Diversidade. In: **SIMPÓSIO SUL AMERICANO, 1.; SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2.**; 1994, Foz do Iguaçu Anais. Curitiba: FUPEF, 1994. v. 2, p 569-576.

KICHEL, A. N.; MIRANDA, C.H.B.; TAMBOSI, S.A. Produção de bovinos de corte com integração lavoura x pecuária. In: **SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS**, 2000, Lavras. Anais. Lavras: UFLA, 2000. p.51-68.

KIRCHNER, M.J.; WOLLUM, A.G.; KING, L.D. Soil microbial populations and activities in reduced chemical input agroecosystems. **Soil Science Society of America Journal, Madison**, v.57, n.5, p.1289-1295, 1993.

KOBIYAMA, M.; MINELLA, L. P. G; FABRIS, R. Áreas degradadas e sua recuperação. **Informe agropecuário, Belo Horizonte**, v. 22. n. 210, p. 10-17, 2001.

LAL, R. Soil degradation by erosion. **Land degradation & Development**, v. 12, 519-539. 2001b.

LAL, R.; FOLLET, R. F.; KIMBLE, J. M.; COLE, V. R. Managing U.S. cropland to sequester carbon in soil. **Journal of Soil and Water Conservation, Ankeny**, v. 54, n. 1, p. 374-381, 1999.

LAL, R.; STEWART, B. A. Need for land restoratin. **Advances in Soil Science, Madison**, v. 17, p. 1- 9, 1992.

LEPRUN, J. C. **A erosão, a conservação e o manejo do solo no Nordeste Brasileiro: balanço, diagnóstico e novas linhas de pesquisa**. Recife: SUDENE-DRN, 1981. 106p. (Série: Brasil. SUDENE, Recursos de Solos, 15).

LEPSCH, I. F. **Solos: Formação e Conservação**. 5. ed. SÃO PAULO: Melhoramentos, 1994. v. 1. 157 p.

MACEDO, R. L. G. Sistemas agroflorestais com leguminosas arbóreas para recuperar áreas degradadas por atividades agropecuárias. In: **SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**, 1, Curitiba, 1992. *Anais*. Curitiba, UFPR/UPEF, 1992. p.136-147.

MACHADO, R. L.; RESENDE, A. S.; CAMPELLO, E. F. C.; MENEZES, C. E. G.; SOUZA, C. M.; FRANCO, A. A. **Recuperação de voçorocas em áreas rurais**. Embrapa Agrobiologia, Seropédica, 2006. p. 1-63 (Sistemas de Produção, 4).

MACHADO, R. L. **Perda de solo e nutrientes em voçorocas com diferentes níveis de controle e recuperação no Médio Vale do rio Paraíba do Sul, RJ**. 2007, 101f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro 2007.

MAJER, J. D. Fauna studies and land reclamation technology: review of the history and need for such studies. In: **Animals in primary succession: the role of fauna in reclaimed lands**. London: Cambridge University Press, 1989. P. 3-33.

MALAVOLTA, E. Corretivos cálcicos, magnesianos e calco-magnesianos. **Manual de Química Agrícola: adubos e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 596 p.

MARTINS, S. V. **Recuperação de Áreas Degradadas: Ações em Áreas de Preservação Permanente, Voçorocas, Taludes Rodoviários e de Mineração**. Viçosa-MG: Aprenda Fácil, 2009. 270 p.

MASULLO, Y. A.G.; SANTOS, B. A. M. de O.; CASTRO, C. E. de. Evolução da Bioengenharia na Recuperação de Áreas Degradadas. In: **VII SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, II Encontro Latino Americano de Geomorfologia**. Dinâmica e Diversidade de Paisagens.(84) 2008, Belo Horizonte-MG. *Resumos*. IGC, Universidade Federal de Minas Gerais, 2008. CD-ROM.

MELO, G. L.; PETRY, M. T. & CARLESSO, R. Disponibilidade de água às plantas de milho, sorgo e soja submetidas a déficit hídrico em distintas classes de textura. In: XIV REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA. Cuiabá, MT. 21 a 26 de julho de 2002. **Anais**.

MORAIS, F.; BACELLAR, L. A. P.; SOBREIRA, F. G. Análise da erodibilidade de saprolitos de gnaiss. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 1055-1062, 2004.

NETO, L. M.; VAZ, P. M.; CRESTANA, S. **Instrumentação Avançada em Ciência do Solo**. Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2007. 438p.

NISHIJIMA, T.; RIGUES, A. A.; Escoamento superficial de água em cinco sistemas de manejo do solo com cultura do milho. **Revista do Centro de Ciências Rurais, Santa Maria**, v17(3): p. 223-233, 1987.

NISHIYAMA, L. Geologia do município de Uberlândia e Áreas Adjacentes. **Sociedade & Natureza, Uberlândia**, v. 1, n. 1, p. 09 – 16, jun. 1989.

OLIVEIRA, J. B. de. **Pedologia aplicada**. 2ª ed. Piracicaba: FEALQ: 2005. 574 p.

OLIVEIRA, M. A. T. de. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (Orgs). **Erosão e Conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p 57-99.

PARANÁ: Secretaria de estado da agricultura e do abastecimento. **Manual técnico do subprograma de manejo e conservação do solo**. Curitiba, 1989. 306 p.

PARCHEN, C.A.P.; BRAGAGNOLO, N. **Erosão e conservação de solos no Paraná**. Curitiba: EMATER, 1991. 16p.

PERIN, A. **Desempenho de leguminosas herbáceas perenes com potencial de utilização para cobertura viva e seus efeitos sobre alguns atributos físicos do solo**. 2001. 105f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ, 2001.

PINESE, J. F. J.; CRUZ, L. M.; RODRIGUES, S. C. Monitoramento de erosão laminar em diferentes usos da terra, Uberlândia – MG. **Revista Sociedade & Natureza, Uberlândia, v.20, p.157-175, dez. 2008**.

PIRES, F. R.; SOUZA, C. M. de. **Práticas mecânicas de conservação do Solo e da Água**. 3. ed. Viçosa, 2006. 216p.

REIS, A.; NAKAZONO, E.M.; MATOS, J. Z. Utilização da sucessão e das interações planta-animal na recuperação de áreas florestais degradadas. In: **Recuperação de Áreas Degradadas, 3**. Curso de Atualização. Curitiba: 1996, p. 29-43.

RESENDE, M. N. Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. **Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 11, n.128, p. 3-18, 1985**.

RESENDE, A. S.; MACEDO, M. O.; CAMPELLO, E. F. C.; FRANCO, A. A. Recuperação de áreas degradadas através da reengenharia ecológica. In: GARAY, I.; BECKER, B. K (Orgs). **Dimensões humanas da biodiversidade: o desafio de novas relações sociedade-natureza no século XXI**. Petrópolis: Editora Vozes, 2006. p. 315-340.

RESENDE, A. V.; KONDO, M. K. Leguminosas e Recuperação de Áreas Degradadas. **Informe Agropecuário, v. 22, n. 210, maio / junho 2001, 46-55p**.

RIGHES, A. A.; DENARDIN, J. E.; NISHIJIMA, T.; GARCIA, S. M.; HERBES, M. G. Mulching vertical e enxurrada no plantio direto da soja. In: **REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14**, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2002b. p.124. CD-ROM.

RIGHES, A.A.; DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A.; NISHIJIMA, T. & GARCIA, S.M. “Mulching” vertical e escoamento superficial no sistema plantio direto. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31**, Salvador, 2002. *A engenharia agrícola para o desenvolvimento sustentável: água, energia e meio ambiente*. Salvador, SBEA/ UFBA/Embrapa, 2002a. 4p.

ROCHA, J. M. J. **Hierarquização da problemática ambiental para a recuperação do Alto Pacuí, Montes Claros – MG**. 136f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

ROCHA, W. W. **Resistência ao cisalhamento e estabilidade de taludes de voçorocas em solos da região de Lavras (MG)**. 2003. 101f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 2003.

RODRIGUES, S. C. Análise da Fragilidade do Relevo: abordagem empírico experimental. **Revista Sociedade e Natureza. Uberlândia, v. 12, p. 167-189, jan /jun. de 2002.**

SCHIMIDT, A.V. Terraceamento na região sul. In: **SIMPOSIO SOBRE TERRACEAMENTO AGRÍCOLA**, 1998, Campinas. *Anais*. Campinas: Fundação Cargil, 1989. p.23-25.

SERATO, D. S.; ALVES, R. R.; CAMPOS, E. H.; SILVA, J. F.; RODRIGUES, S. C.; RODRIGUES, G. S. S. C. Monitoramento e Avaliação de Dispositivos Físicos para Recuperação de Áreas Degradadas por Voçorocamento em Ambiente de Cerrado. In: **VII SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, II Encontro Latino Americano de Geomorfologia**. Dinâmica e Diversidade de Paisagens. (84) 2008, Belo Horizonte-MG. IGC, Universidade Federal de Minas Gerais, 2008. CD-ROM.

SILVA, A. C. **Relação entre voçorocas e solos na região de Lavras (MG)**. 1990. 124f Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras-MG (ESAL). 1990.

SILVA, A. C.; LIMA, J. M.; CURI, N. Relação entre voçorocas usos da terra, solos e materiais de origem na região de Lavras (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 17, p. 459-464, 1993.**

SILVA, A. B. da; RESENDE, M.; SOUSA, A. R. de; MARGOLIS, E. Mobilização do solo, erosão e produtividade de milho e feijão em um Regossolo no Agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 34, n. 2, p. 299-307, 1999a.**

SILVA, C. A.; VALE, F. R.; SHARON, J. A. & KOBAL, A. R. Mineralização de Nitrogênio e Enxofre em solos Brasileiros sob influência da calagem e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 34, n.9, p. 1679-1689, set. 1999.**

SILVA, E. M. da; ASSUNÇÃO, W. L. O Clima na cidade de Uberlândia – MG. In: **Sociedade e Natureza, v.16, N°.30, 2004**, Ed.UFU, Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia/EDUFU.

SILVA, A. H.; ALVES, D. S.; OLIVEIRA, H. R.; ALVARENGA, I. C. A.; SOUZA, M. F. ; FERNANDES, L. A. Aplicação de corretivos e fertilizantes para recuperação de áreas degradadas utilizando *Macrotyloma axillare* como cobertura vegetal no norte de Minas Gerais. **Revista Caminhos da Geografia, v.8, n.22- 2007.** Disponível em:<<http://www.caminhosdegeografia.ig.ufu.br/viewarticle.php?id=419>>. Acesso em:10 jun. 2009.

SILVA, A. H. da.; BIUCHI, D. F.; WENDLING.; RODRIGUES, S. C. Estabelecimento de Espécies Exóticas e Nativas com diferentes doses de calcário em área com voçoroca de Uberlândia-MG. In: **XXXII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Solo e Produção de Bioenergia: Perspectivas e Desafios. 2009, Fortaleza-CE. Resumos...**Universidade Federal do Ceará, 2009. *Anais.*

SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas.** Brasília, DF: MEC/ESAL/FAEPE/ABEAS, 1988. 236 p.

SOUZA, J. A.; BAHIA, V. G. Seleção de práticas conservacionistas baseada em critérios pedológicos. **Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.19, n. 191, p. 19-27, 1998.**

VALCARCEL, R.; SILVA, Z. S. A eficiência conservacionista de medidas de recuperação de áreas degradadas: proposta metodológica. 2000. **Revista Floresta**, v. 27 (1/2), 101-114p.

VENTURIM, R. P.; BAHIA, V. G. Considerações sobre os principais solos de Minas Gerais e sua susceptibilidade à erosão. In: LACERDA, V. L. A. (Org.). Conservação de Solos. Rev. **Informe Agropecuário, Belo Horizonte**, v. 19, n. 191, p. 7-9, 1998.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Rainfall energy and its relationships to soil loss. **Transactions of the American Geophysical Union, Washington**, v. 39, p. 285-291, 1958.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 - Quadro de Resumos da análise estatística em função das diferentes doses de calcário aplicadas nas espécies nativas e exóticas durante a fase de revegetação na área de estudo / Org: Silva & Batista (2009).

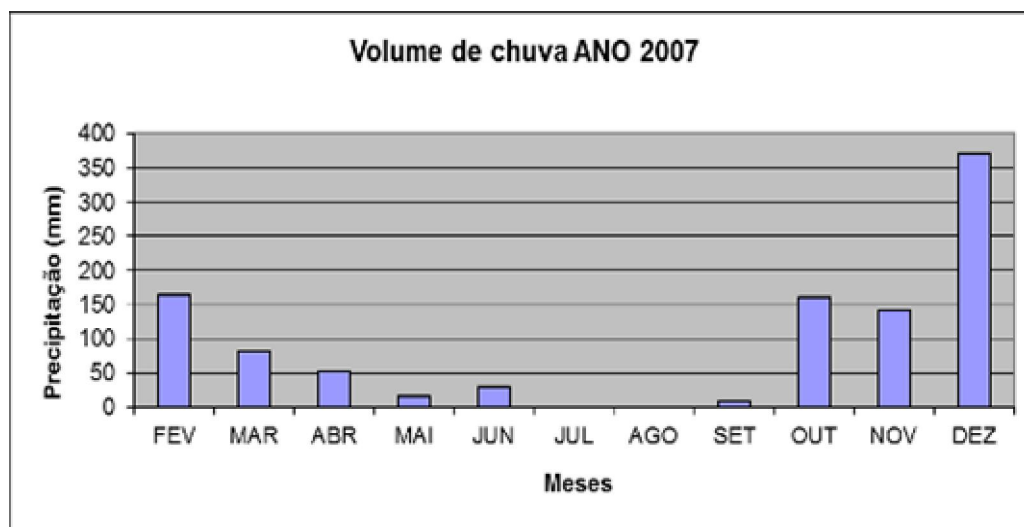
		QM		
		Diâmetro do caule (mm)	Altura da planta (cm)	Largura da copa (cm)
Grau de Liberdade (GL)				
Espécies	7	290, 221408*	27945,610560*	12410,438956*
Dose	3	57,417909 ^{ns}	3324,87179 ^{ns}	2958, 732747 ^{ns}
Resíduos	73	-	-	-

*significativo a 0,05.

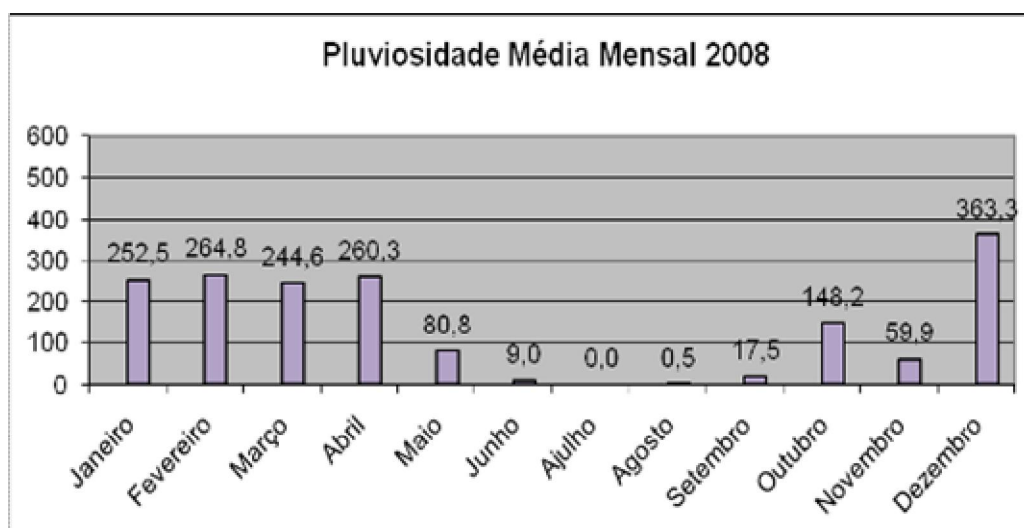
NS: não significativo a 0,05.

QM: Coeficiente médio de variação

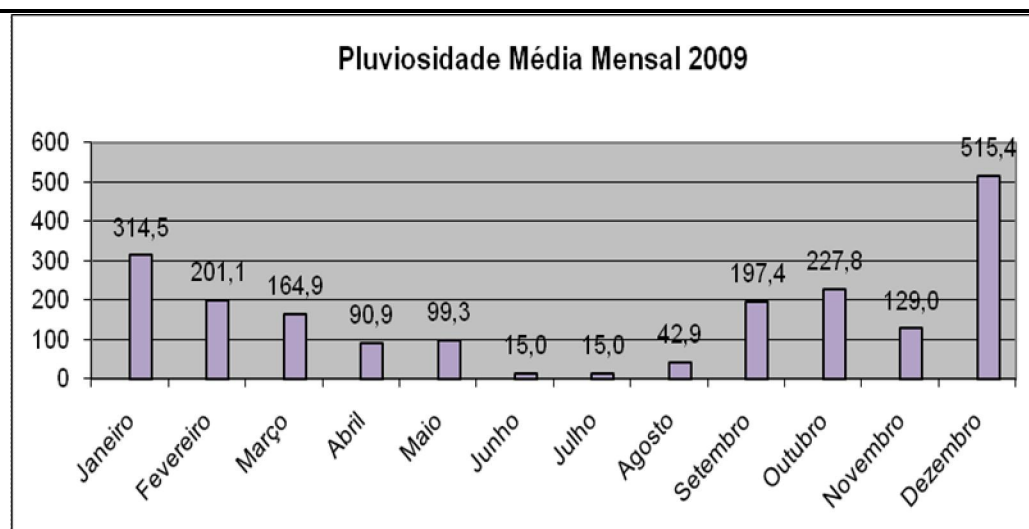
APÊNDICE 2: Gráfico com registros da precipitação entre 2007 e 2010.



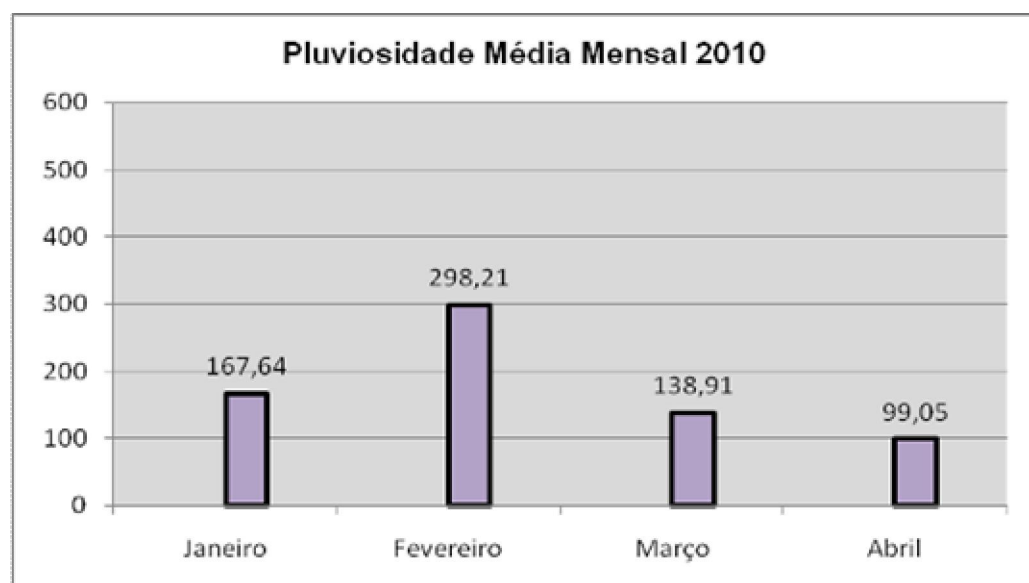
Apêndice 02 **(A)**: Período chuvoso no ano de 2007 trabalhado por Leal *et al* (2008).



Apêndice 02 **(B)**: Período chuvoso no ano de 2008.



Apêndice 02 (C): Período chuvoso no ano de 2009.



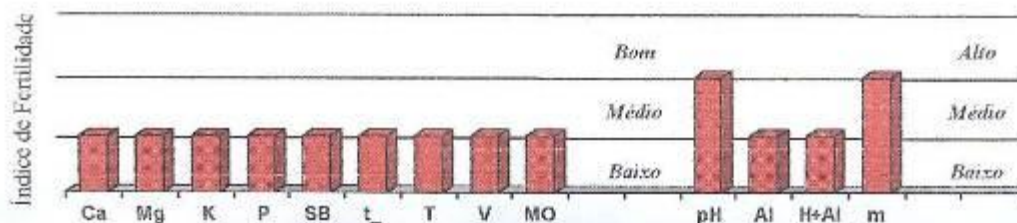
Apêndice 02 (D): Período chuvoso no ano de 2010.

ANEXOS

ANEXO A - Análise do solo na área de estudo.

 EPAMIG		Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais Vinculada à Secretaria de Estado da Agricultura e Pecuária Centro Tecnológico do Triângulo e Alto Paranaíba Laboratório de Análise de Solos		PROGRAMA DE CONTROLE DE QUALIDADE DE ANÁLISE DE SOLO Laboratório Certificado	
Nome: ALCIONE HERMINIA Propriedade: UFU Município: UBERABA MG				ROTINA  ROTINA PROFERT-MG 2008 Após 08/03/07, análises em laboratório de fertilidade e correlação aplicadas de acordo com normas gerais	
Remetente: DENISE F. BULCHI Endereço: R. LEVINDO BATISTA DE CARVALHO 1016 CEP:		Fone:			
Nº Boletim: 17561		Data de Entrada: 26/11/08		Data de Saída: 02/12/08	
Protocolo: 55822		Amostra: 1-20 CM		Cultura: NÃO ESPECIFICADA	
pH água: 5,6 Média	Al: 0,2 Ca: 0,3 Mg: 0,1 H+Al: 1,5 SB: 0,1 t: 0,6 T: 1,9 K: 6 P: 0,4 P-extr: 28,1 V: 21,7 m: 32,5 M.O.: 0,7 C.Org: 0,4				
Relações entre Bases: Ca/Mg: 3,00 Ca/K: 19,55 Mg/K: 6,52		Relações entre Bases e T (%): Ca/T: 15,66 Mg/T: 5,22 K/T: 0,80		Relações entre Análises Físicas (%): Areia: 81,0 Silte: 10,0 Argila: 9,0	
				Classe Textural: FRANCO ARENOSA	
Observações: SB(Soma de Bases Trocáveis)=Ca+Mg+K/391 t(CTC efetiva)=SB+Al m(Saturação por Al)=100*Al/(Al+SB) T(CTC a pH 7)=SB+H+Al (Saturação por Bases)=(100*SB)/T P,K,Cu,Fe,Mn,Zn=Mehlich B=Água quente Ca,Mg,Al=KCl Matéria Orgânica=Walkley - Black S=Extração com Fosfato Monocálcico em Ácido Acético					

Fertigrama do Solo




 Engº Agrº Jairoton Antônio de Jesus
 Responsável Técnico Laboratório de Solos
 CREA 24.534 - 4º Região

Responsável Técnico

"FAÇA O CONTROLE PERIÓDICO DA FERTILIDADE DE SEU SOLO."

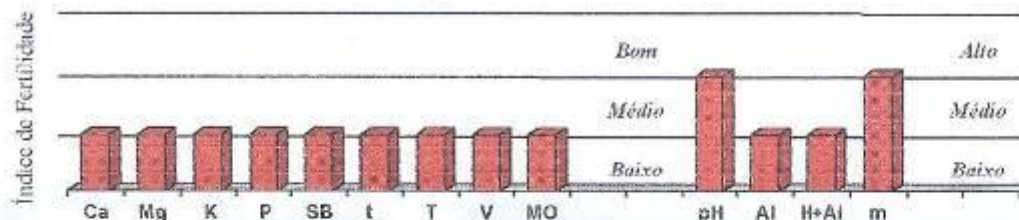
02/12/08

Rua Afonso Rato, 1.301 CEP 38.060-040 - Cx Postal 351 CEP 38.001-970

Telefone (34) 3321-6699 - Fax (34) 3321-6734 - E-mail: epamig@epamiguberaba.com.br - Uberaba (MG)

 EPAMIG		Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais Vinculada à Secretaria de Estado da Agricultura e Pecuária Centro Tecnológico do Triângulo e Alto Paranaíba Laboratório de Análise de Solos		PROGRAMA DE CONTROLE DE QUALIDADE DE ANÁLISE DE SOLO Laboratório Certificado ROTINA PROPERT-MG 2008 Após 20040 - 10 mil análises técnicas em 10 laboratórios e Centros Agropecuários do Estado de Minas Gerais											
Nome: ALCIONE HERMÍNIA Propriedade: UFU Município: UBERABA MG															
Ramoteiro: DENISE F. BULCHI Endereço: R. LEVINDO BATISTA DE CARVALHO 1016 CEP: None															
Nº Boléim: 17561		Data da Entrada: 28/11/08		Data de Saída: 02/12/08											
Protocolo: 55823		Amostra: 1-40 CM		Cultura: NÃO ESPECIFICADA											
pH água: 5,5 Médio		Al: 0,3	Ca: 0,2	Mg: 0,1	H+Al: 1,5	SB: 0,3	T: 0,6	T: 1,8	K: 5	P: 0,4	P^{extra}: 25,7	V: 17,3	m: 49,0	MO: 0,5	C.Org: 0,3
Relações entre Bases:		Relações entre Bases e T (%)			Relações da Análise Mecânica			Classe Textural							
Ca/Mg Ca/K Mg/K		Ca/T Mg/T K/T			Areia Silte Argila			FRANCO ARENOSA							
2,00 15,64 7,82		11,03 5,52 0,71			79,0 10,0 11,0										
Observações: SB(Soma de Bases Trocáveis)=Ca+Mg+K/391 t(CTC efetiva)=SB+Al m(Saturação por Al)=100*Al/(Al+SB) T(CTC a pH 7)=SB+H+Al (Saturação por Bases)=(100*SB)/T P,K,Cu,Fe,Mn,Zn=Mehlich B=Água quente Ca,Mg,Al=KCl Matéria Orgânica=Walkley - Black S=Extração com Fosfato Monocálcico em Ácido Acético															

Fertigrama do Solo




 Engº Agrº **Peterson Antônio de Souza**
 Responsável Técnico Laboratório de Solos
 CREA 24.534 - 4ª Região

Responsável Técnico

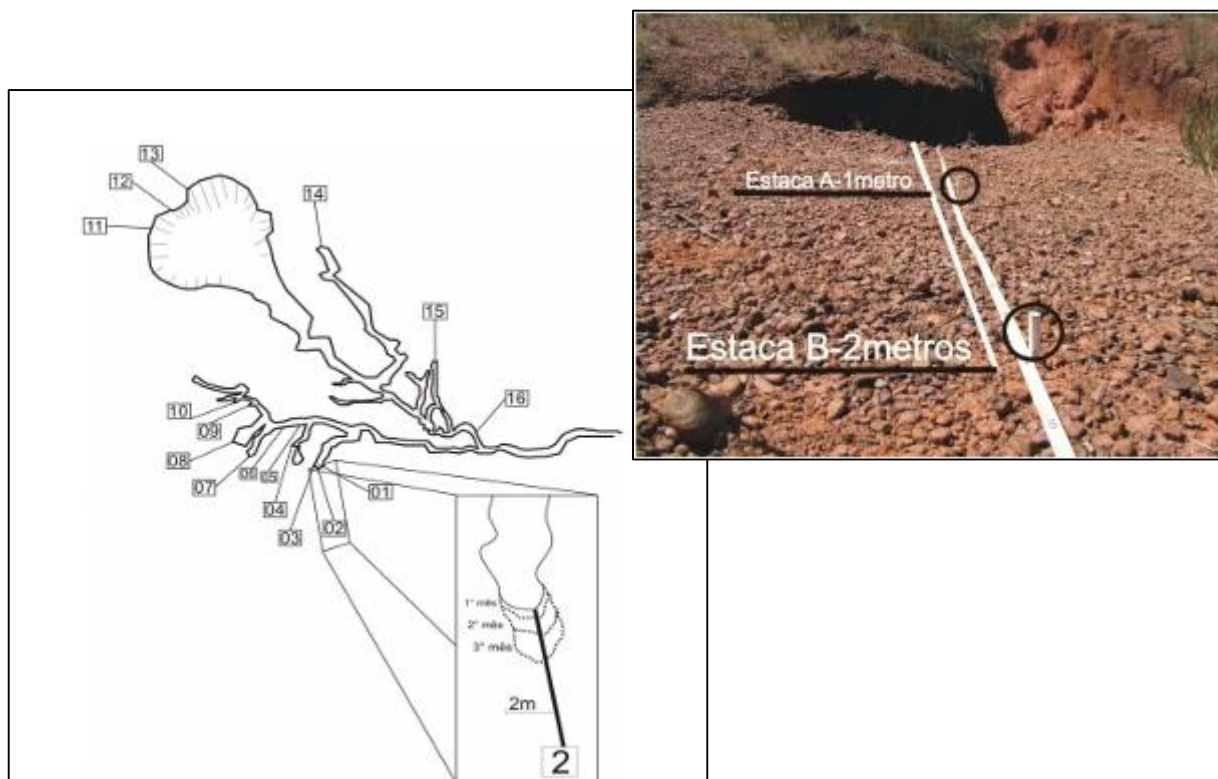
"FAÇA O CONTROLE PERIÓDICO DA FERTILIDADE DE SEU SOLO."

02/12/08

Rua Afonso Rato, 1.301 CEP 38.060-040 - Cx Postal 351 CEP 38.001-970

Telefone (34) 3321-6699 - Fax (34) 3321-6734 - E-mail: epamig@epamiguberaba.com.br - Uberaba (MG)

ANEXO B¹ - Localização dos pontos às bordas da VP e CE. Demonstração do posicionamento das estacas de monitoramento em relação à borda em um canal erosivo de estudo.



Fonte: LEAL *et al* (2008) - modelo de GUERRA (2005) adaptado.

¹ Trabalho de monitoramento da evolução do processo erosivo na voçoroca principal e canais secundários. Pesquisa (iniciada pelo Geógrafo Pedro Carignato Leal, atualmente continuada pelo Graduando em Geografia Carlos Felipe Nardin.).

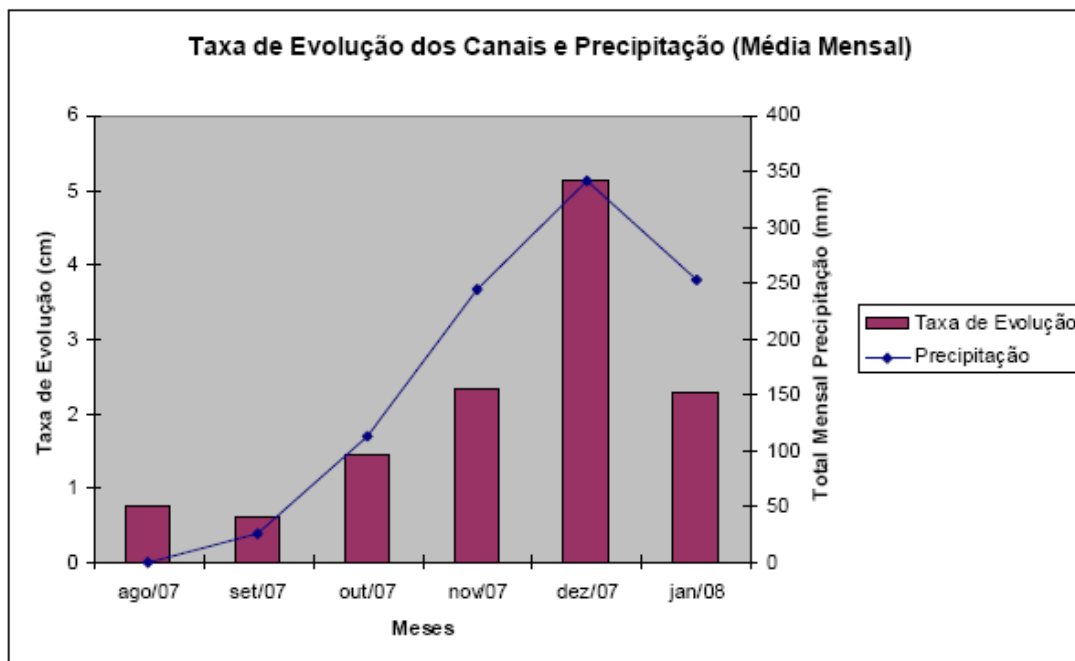


Gráfico – Gráfico da taxa de evolução dos canais e precipitação (média mensal). Fonte: Alves e Leal, 2004 *apud* LEAL (2008).

ANEXO C² - Demonstração da proteção instalada à borda dos canais erosivos. Ação da manta antierosiva segurando os materiais grosseiros. À direita, em seu estado de degradação.



Fonte: SERATO (2008).

Acúmulo da água devido à colocação da barreira com sacos de terra e aparecimento pontual de vegetação (gramíneas) em algumas incisões erosivas.



² Trabalho de instalações de medidas isoladas de baixo custo (sacos de ráfia), como tentativa de conter o processo erosivo nos canais secundários em estudo. Pesquisa realizada pelo Geógrafo Douglas Santana Serato.

RECUPERAÇÃO EM ANDAMENTO

