

## CRESCIMENTO DE ESPÉCIES NATIVAS DE CERRADO E DE *Vetiveria zizanioides* EM PROCESSOS DE REVEGETAÇÃO DE VOÇOROCAS

### GROWTH OF CERRADO NATIVE SPECIES AND OF *Vetiveria zizanioides* IN COLLUVIUM OF GULLIES

Thamy Evellini Dias Marques<sup>1</sup> Hudson Eustáquio Baêta<sup>2</sup> Mariangela Garcia Praça Leite<sup>3</sup>  
Sebastião Venâncio Martins<sup>4</sup> Alessandra Rodrigues Kozovits<sup>5</sup>

#### RESUMO

Taxas de germinação de sementes, sobrevivência e crescimento de plantas, parâmetros estes avaliados no presente estudo, são informações essenciais para a caracterização do potencial biológico de espécies para uso em processos de recuperação de áreas degradadas. A falta de conhecimento sobre tais aspectos em espécies nativas têm justificado o uso de plantas exóticas na revegetação de voçorocas em todo o Brasil. Entretanto, especialmente em locais sujeitos à grande sazonalidade climática e sobre solos oligotróficos, espécies exóticas nem sempre apresentam bom desempenho, levando o empreendimento de revegetação ao insucesso ou elevando consideravelmente a necessidade de aplicação de tratamentos culturais. Com o objetivo de ampliar os conhecimentos sobre o potencial biológico para revegetação em voçorocas de plantas nativas do cerrado e de uma gramínea exótica, que vem sendo amplamente usada em projetos de contenção de erosão, plântulas e touceiras das espécies nativas *Cratylia argentea* (Desv.) Kuntze e *Echinolaena inflexa* (Poir.) Chase, e da exótica *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash foram transferidas para o colúvio de uma voçoroca no município de Ouro Preto - MG, onde permaneceram durante a estação seca de 2010 sem aplicação de fertilizantes ou irrigação. Em blocos ao acaso, parcelas de 1 x 1 m receberam aleatoriamente quatro tratamentos de plantio: touceiras de *Echinolaena inflexa* ou de *Vetiveria zizanioides*; e touceiras destas gramíneas em consórcio com a leguminosa arbustiva *Cratylia argentea*. Todas as gramíneas e 73% das plântulas da leguminosa sobreviveram. Como esperado, a cobertura verde de *Echinolaena Inflexa* diminuiu ao longo da estação seca, tendo, entretanto, rebrotado após as primeiras chuvas. *Vetiveria zizanioides* manteve a área foliar ativa e apresentou crescimento significativo no período. *Cratylia argentea* apresentou altas taxas de germinação de sementes e de crescimento, entretanto, nodulação ocorreu em apenas dois indivíduos. Assim, não houve influência da leguminosa no crescimento das gramíneas. Os resultados indicam que tanto as espécies nativas do cerrado como a gramínea exótica possuem alto potencial para revegetação em colúvio de voçoroca, tendo sobrevivido ao período crítico de seca e sobre substrato oligotrófico sem adição de fertilizantes ou irrigação.

**Palavras-chave:** *Cratylia argentea*; *Echinolaena inflexa*; revegetação; voçoroca.

1 Licenciada em Biologia, Msc., Laboratório de Mirmecologia, Centro de Pesquisas do Cacau CEPLAC/CEPEC, Caixa Postal 7, CEP 45600-970, Ilhéus (BA), Brasil. thamyevellini@yahoo.com.br

2 Biólogo, Msc., Universidade Federal de Ouro Preto, Campus Universitário Morro do Cruzeiro, CEP 35400-000, Ouro Preto (MG), Brasil. hudsonb@gmail.com

3 Geóloga, Dr<sup>a</sup>., Professora Associada do Departamento de Geologia da Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Campus Universitário Morro do Cruzeiro, CEP 35400-000, Ouro Preto (MG), Brasil. garcia@degeo.ufop.br

4 Engenheiro Florestal, Dr., Professor Associado do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Av. P. H. Rolfs, CEP 36570-000, Viçosa (MG), Brasil. venancio@ufv.br

5 Bióloga, Dr<sup>a</sup>., Professora Associada do Departamento de Biodiversidade, Evolução e Meio Ambiente, Universidade Federal de Ouro Preto, Campus Universitário Morro do Cruzeiro, CEP 35400-000, Ouro Preto (MG), Brasil. arkozovits@gmail.com

## ABSTRACT

Rates of seed germination, plant survival and growth, as measured in the present study, are essential parameters to characterize the biological potential of species for the restoration of degraded areas. The lack of knowledge about these aspects in native species has justified the use of exotic plants in Brazilian gullies revegetation. However, especially in places subject to highly seasonal climate and on oligotrophic soils, exotic species do not always perform well, leading to revegetation failure or significantly increasing the cultivation care needs. To improve the knowledge concerning to the biological potential of cerrado native species and of an exotic grass which has been used for erosion contention, in the present study, seedlings and clumps of native cerrado species, *Cratylia argentea* (Desv.) Kuntze and *Echinolaena inflexa* (Poir.) Chase, and of the exotic grass *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash, were transferred to a gully colluvium in Ouro Preto, Minas Gerais state, where they remained during the dry season of 2010 without application of fertilizers or irrigation. In randomized block design, plots of 1 x 1 m received four planting treatments: clumps of *Echinolaena inflexa* or *Vetiveria zizanioides*, and clumps of these grasses intercropped with the legume *Cratylia argentea*. All grasses and 73% of the legume seedlings survived. As expected, the green cover of *Echinolaena inflexa* decreased throughout the dry season, however, showing regrowth after the first rains. Leaf area of *Vetiveria zizanioides* remained active and grew significantly in the period. *Cratylia argentea* showed high rates of germination and growth; however, nodulation occurred in only two individuals. Thus, there was no influence of the legume on grasses growth. Results indicate that both native species and the exotic grass tested are potential successful plants for gullies replanting. Plants survived and grew on low nutrient substrate and during the critical period of drought without any fertilizer or irrigation application.

**Keywords:** *Cratylia argentea*; *Echinolaena inflexa*; gully; revegetation.

## INTRODUÇÃO

Voçorocas são grandes feições erosivas e representam um estágio avançado de degradação ambiental, constituindo um dos principais riscos ambientais no Brasil (MORAIS et al., 2004). Impactos socioambientais como assoreamento de rios e córregos, perda de áreas agrícolas e *habitats* naturais, residências em risco e redução do nível do lenço freático, são exemplos das consequências provenientes da formação de voçorocas (BACELLAR, 2000). Devido às suas características geológicas, parte do Brasil, em especial do estado de Minas Gerais, localizam-se em áreas naturalmente muito susceptíveis à erosão e à formação de voçorocas. Grande parte destas feições é resultante de atividades antrópicas ou intensificada por estas atividades (COSTA e BACELLAR, 2007). A não adoção de técnicas de conservação do solo e da água em áreas agrícolas, o sobrepastejo, o desmatamento, as estradas mal planejadas e os valos são apontados como principais atividades antrópicas desenvolvidas no Brasil que podem ser responsáveis por iniciar a formação de voçorocas (BACELLAR et al., 2005). Além do mau uso do solo, em algumas regiões do Brasil como a sudeste, o longo período de seca (de cinco a mais meses) torna a vegetação mais escassa, deixando o

solo sem proteção e assim, mais susceptível a ação de agentes erosivos, com consequente formação de voçorocas (PARZANESE, 1991, MUNÕZ-ROBLES et al., 2010).

A importância da cobertura vegetal do solo para atenuar processos erosivos já é bem conhecida (MORGAN, 2005; DE BAETS et al., 2006), entretanto, as condições encontradas dentro das voçorocas podem não permitir que haja um processo natural de colonização e estabelecimento de espécies vegetais (COHEN e REY, 2005). Áreas muito degradadas, como voçorocas, dificultam a revegetação natural devido, não só aos contínuos processos erosivos, mas também à escassez de nutrientes e matéria orgânica, além da possível ausência ou limitação de propágulos da comunidade vegetal anterior, sendo necessárias medidas de revegetação antrópica (PETERS et al., 2006). Em função destas dificuldades, ainda são poucos os estudos que forneçam informações sobre as respostas das espécies vegetais nativas frente às situações de estresse e distúrbio encontradas em voçorocas (GUERRERO-CAMPO et al., 2008).

Alguns estudos demonstram que gramíneas podem ser bastante eficientes para o controle de processos erosivos, devido ao seu rápido crescimento, promovendo uma completa e perene cobertura do solo (GYLSSELS e POESEN, 2003;

BINDLE, 2003). Em geral, 95% da biomassa das gramíneas são encontrados nos primeiros 30 cm do solo garantindo sua efetividade no controle de processos erosivos (DE BAETS et al., 2006). Além de gramíneas, leguminosas são também consideradas boas alternativas para elevar rapidamente a qualidade do solo devido ao rápido crescimento e deposição de serapilheira de algumas espécies e as suas habilidades de associação com organismos fixadores de nitrogênio. Leguminosas possuem alto potencial de recuperar características biológicas, químicas e físicas do solo (MIYASAKA, 1984). Assim, o consórcio entre leguminosas e gramíneas tem sido considerado uma opção eficiente para reverter o processo de degradação de áreas, incluindo as erodidas (SILVA e SALIBA, 2007).

No Brasil, a despeito da diversidade e ampla distribuição de gramíneas e leguminosas nativas, a maior parte dos trabalhos que visam à recuperação de áreas degradadas é realizada com espécies exóticas (MARTINS, 2001; MARTINS, 1996; BARBOSA, 2000). A introdução de tais espécies pode causar sérios problemas à biodiversidade local (MARTINS, 2006), impactar o ecossistema, descaracterizar fisionomias e modificar sua estrutura (PIVELLO, 2005). O relativo sucesso das espécies exóticas em recuperação de áreas degradadas no Brasil pode ser responsável, em parte, pelo conformismo acadêmico quanto à busca por alternativas mais ecologicamente viáveis, reduzido conhecimento técnico e empreendedor sobre a biologia das espécies nativas com potencial para revegetação (BARBOSA, 2000). A falta de conhecimentos básicos sobre as taxas de germinação, estabelecimento e desenvolvimento de espécies nativas é, sem dúvida, o maior impedimento para o uso de espécies nativas locais em processos de revegetação. Tal uso poderá representar uma grande contribuição para a manutenção da biodiversidade local, protegendo ou mesmo expandindo as fontes naturais de diversidade genética, além de apresentar vantagens técnicas e econômicas, como barateamento dos custos de produção e transporte de mudas, devido à utilização de fontes locais de propágulos reprodutivos (MOREIRA, 2002). Neste contexto, espécies como a gramínea *Echinolaena inflexa* (Poir.) Chase e a leguminosa arbustiva *Cratylia argentea* (Desv.) Kuntze, de ampla ocorrência sobre diversos tipos de solos nos cerrados do Centro-Oeste, mas também com distribuição em outras regiões brasileiras, parecem ser boas candidatas aos estudos de potencial para revegetação de áreas degradadas. Estudos realizados

pela Embrapa-Cerrados demonstraram que *C. argentea* se desenvolve bem em solos ácidos e possui alta tolerância à seca, além de apresentar raízes profundas e difusas e capacidade de estabelecer simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio nativas do solo (RAMOS et al., 2003). Por outro lado, na última década, tem crescido o uso de *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash em todo o mundo, uma gramínea perene de origem indiana, de rápido crescimento e capaz de produzir profundos sistemas radiculares, o que a torna menos susceptível à seca e aumenta seu potencial de estabilizar processos erosivos (DUDAI et al., 2006; LAVANIA, 2000). Nenhuma destas espécies, entretanto, já foi testada para revegetação de voçorocas. Assim, os objetivos desse estudo foram: (i) avaliar a germinação da leguminosa, sobrevivência e o crescimento, dentro de uma voçoroca, de *Echinolaena inflexa*, *Cratylia argentea* e *Vetiveria zizanioides*; (ii) caracterizar química e fisicamente o sedimento da voçoroca, e (iii) comparar a concentração dos macronutrientes N, P, K e de matéria orgânica do solo da área de plantio no início e ao final do experimento.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

O estudo foi realizado em uma voçoroca em de Santo Antônio do Leite (0636503, 7746575 UTM), distrito de Ouro Preto - MG, sudeste do Brasil. Esta região está localizada no Complexo Metamórfico do Bação, situado na porção centro sul do Quadrilátero Ferrífero. Na região do estudo, há um grande número de feições erosivas (com um total de 173 voçorocas e outras 212 feições) distribuídas de variadas formas e intensidades (BACELLAR, 2000). Essa região também é caracterizada por apresentar voçorocas que podem atingir grandes dimensões (de até 400 a 500 m de comprimento, 50 m de profundidade e 150 m de largura) (BACELLAR et al., 2005).

O solo da região é classificado como Latossolo vermelho-amarelo, caracterizado por horizonte A pouco alterado e espesso (raramente ultrapassa 50 cm), horizonte B siltoargiloso com média de 3 m de profundidade (porém, pode ultrapassar 6 m de profundidade) e horizonte C arenossiltoso com grandes espessuras que podem ultrapassar 30 m de profundidade (SOBREIRA, 1998). No entanto, devido às atividades antrópicas que datam desde o século XVIII (atividades como agricultura e pecuária), o horizonte A foi quase totalmente

perdido (PARZANESE, 1991).

Nessa região, as estações climáticas são bem definidas, verão chuvoso (novembro a maio) e inverno seco (junho a outubro). A região é caracterizada por alta taxa pluviométrica anual (1352,83 mm, entre 1986 e 1996), porém, o tipo de chuva é conhecido como chuva de relevo, caracterizada por ser intermitente e fina (RADAMBRASIL, 1983).

Fitogeograficamente, a região é apontada por Rizzini (1979) como zona de transição entre os domínios vegetacionais do Cerrado e da Floresta Atlântica. Na área estudada, a cobertura vegetal é diversificada de acordo com as condições fisiográficas, sendo a maior extensão ocupada por campo cerrado e pastagem.

### Características e escolha das espécies estudadas

Para a escolha das espécies levou-se em conta: 1) disponibilidade de mudas e sementes; 2) baixo custo; 3) possível morfologia radicular eficaz em atenuar processos erosivos e fixar as partículas do solo; 4) características fisiológicas que permitem o crescimento e estabelecimento das espécies em condições edáficas adversas como: alta acidez, baixo teor nutricional, condições de alagamento.

*Echinolaena inflexa* - popularmente conhecido como capim-flechinha é uma gramínea nativa do cerrado brasileiro com alta abundância e produção de biomassa (SOUZA et al., 2005), com potencial para recuperação de áreas degradadas, porém, nunca foi utilizada para esta finalidade (MARTINS, 2001). Além disso, *Echinolaena inflexa* é a espécie de gramínea predominante que circunda o perímetro da voçoroca, tornando o uso de material vegetativo dessa espécie biológica e economicamente viável.

*Vetiveria zizanioides* - popularmente conhecido com capim-vetiver é uma gramínea de origem indiana, que possui um sistema radicular altamente ramificado e profundo (até 3 m de profundidade), o que pode acarretar em um "grampeamento" natural do solo (KE et al., 2003), além de possuir características fisiológicas que permitem tolerar diversas condições edáficas e climáticas (DUDAI et al., 2006). São plantas estéreis e não se reproduzem através de rizomas ou estolões (multiplicam-se através de perfilhos que crescem e desenvolvem até certo ponto) e por isso não possuem potencial para se tornar invasoras (PEREIRA, 2006).

*Cratylia argentea* - é conhecida

popularmente como camatuba, copada e cipó-prata (RAMOS et al., 2003). Esta espécie é uma leguminosa nativa da América do Sul, de ocorrência predominante no cerrado brasileiro (RAMOS et al., 2003). Apresenta adaptação a uma ampla faixa de climas e solos (SCHULTZE-KRAFT, 1996), alta produção de matéria seca e sementes, além de um desenvolvido e vigoroso sistema radicular (MAASS, 1996). Essa espécie pode apresentar relações simbióticas com bactérias do Grupo *cowpea* e como consequência disponibilizar nitrogênio no solo. Porém, o potencial desta leguminosa tem sido aproveitado somente como planta forrageira e não há relatos de estudos da espécie para recuperação de áreas degradadas e/ou trabalhos de revegetação.

### Delineamento experimental

O experimento foi implantado na voçoroca em blocos ao acaso, com sete repetições de parcelas de 1 x 1 m, distantes entre si por 1 m. Foram testados quatro tratamentos: 1) touceiras de *Echinolaena inflexa* crescendo sozinhas; 2) touceiras de *Vetiveria zizanioides* crescendo sozinhas; 3) touceira de *Echinolaena inflexa* em consórcio com *Cratylia argentea*; 4) touceira de *Vetiveria zizanioides* em consórcio com *Cratylia argentea*. O período de amostragem foi de março (fim da estação chuvosa) a outubro (fim da estação seca) de 2010. O período de estudo, em sua maioria concentrado durante a estação seca, foi delimitado em função da frequência e intensidade dos eventos de chuva, que muitas vezes tornavam a área de estudo inacessível e o solo instável.

No centro de cada parcela foi transplantada uma touceira de aproximadamente 0,25 m<sup>2</sup> de *Echinolaena inflexa* ou *Vetiveria zizanioides*. Duas plântulas da leguminosa *Cratylia argentea*, após 30 dias de germinação (germinadas no laboratório em fitocelas contendo sedimento oriundo de dentro da voçoroca estudada) foram plantadas, a cinco centímetros em cada lado (Norte e Sul) da touceira das gramíneas. Além disso, foram semeadas quatro sementes de *Cratylia argentea* (duas na direção Leste e duas a Oeste das touceiras de gramíneas).

### Análise granulométrica

Este ensaio foi realizado segundo procedimentos descritos pela ABNT (NBR 7181/1984). Antes dos procedimentos, as amostras foram secas, homogeneizadas, quarteadas e cerca de

400 g separados para as análises granulométricas.

Nas análises via seca, 200 g do material foi então colocado sobre um conjunto de peneiras, dispostas na seguinte sequência de diâmetros (mm): 2,00; 1,00; 0,500; 0,250; 0,125; 0,063. O conjunto de peneiras foi colocado sobre um fundo e agitado durante 20 minutos em um agitador eletromecânico tipo Ro-tap (SOLOTEST®). Finalizado o processo, o conteúdo de cada peneira foi pesado.

### **Germinação e semeadura de sementes de *Cratylia argentea***

A quebra de dormência foi feita através da submersão das sementes em água destilada por 24 horas. A semeadura foi feita nos primeiros 2 cm da camada superficial do sedimento da voçoroca e o índice de germinação de sementes foi expresso em porcentagem das sementes germinadas ao longo do tempo.

### **Sobrevivência e crescimento das plantas**

A sobrevivência das plantas foi avaliada quinzenalmente no campo. Foram feitas também medidas mensais do crescimento e observações quinzenais de fases fenológicas. O crescimento dos indivíduos de *Cratylia argentea* foi estimado através de mensurações da altura do caule e do seu diâmetro basal com auxílio de régua e paquímetro digital.

O crescimento da gramínea *Vetiveria zizanioides* foi estimado através da medida mensal da altura dos seus feixes de folhas, já o crescimento da gramínea *Echinolaena inflexa* foi avaliado através da estimativa da área de ocupação por folhas verdes em cada touceira. Para isso, a touceira foi dividida em 4 quadrantes e o percentual de ocupação de folhas verdes por quadrante foi estimado (com posterior soma dos percentuais dos 4 quadrantes). Quatro categorias de ocupação foram determinadas: De 0 a 25% de ocupação de folhas verdes na touceira - grau 1; 26 a 50% de ocupação - grau 2; 51 a 75% de ocupação - grau 3; e 76 a 100% de ocupação - grau 4.

### **Biomassa seca das espécies vegetais**

Ao final do experimento, em outubro de 2011, todas as plantas foram coletadas. As partes aéreas e radiculares foram separadas e lavadas com água destilada em laboratório, colocadas em sacos de

papel e colocadas para secar em estufa de circulação a 65°C por 72 horas. Depois disso, o material foi pesado para determinação da massa seca.

### **Nodulação de *Cratylia argentea***

Após a coleta das plântulas de *Cratylia argentea* suas raízes foram examinadas quanto à presença de nódulos de fixação biológica de nitrogênio.

### **Análises de solos**

No início, antes do transplante das plantas para dentro da voçoroca, e no final do experimento, depois da coleta das plantas, 14 amostras de sedimento da voçoroca (de duas parcelas por tratamento) foram analisadas quanto à concentração de N, P, K, matéria orgânica e pH no laboratório de análises de solos da Universidade Federal de Viçosa. Subamostras de solo coletadas no início do experimento foram destinadas à realização do ensaio granulométrico, segundo procedimentos descritos pela ABNT (NBR 7181/1984). Amostras secas foram pesadas e colocadas em peneiras dispostas na seguinte sequência de abertura de malha (mm): 2,00; 1,00; 0,500; 0,250; 0,125; 0,063. O conjunto de peneiras foi colocado em um agitador mecânico por 20 minutos, e seguiu-se a pesagem da quantidade da amostra detida em cada peneira para determinação da porcentagem de cada fração granulométrica.

### **Análises estatísticas**

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Komogorov-Smirnov. Para testar o crescimento das gramíneas *Vetiveria zizanioides* e *Echinolaena inflexa* e as diferenças entre os tratamentos, foi feita Anova de medidas repetidas e modelos lineares mistos, respectivamente. O crescimento em altura e diâmetro de plântulas de *Cratylia argentea* foi analisado através de modelos mistos e teste de Wilcoxon. Também foi usado o teste de Wilcoxon para testar se a concentração de nutrientes N, P, K e matéria orgânica foi maior ao final do experimento. Para analisar a razão da raiz: parte aérea da biomassa entre as gramíneas e leguminosas foi utilizada Anova hierárquica e Anova simples.

## RESULTADOS

### Caracterização do sedimento da voçoroca

Os resultados dos ensaios granulométricos mostram uma grande variação granulométrica (textural) entre amostras de sedimentos coletadas na área de estudo, conforme apresentado na Figura 1.

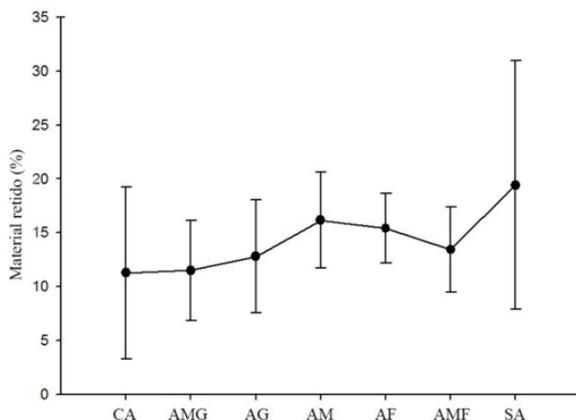


FIGURA 1: Porcentagem média de representatividade das diferentes frações granulométricas (CA - cascalho (>4 mm); AMG - areia muito grossa (>2 mm); AG - areia grossa (>1 mm); AM - areia média (>0,5 mm); AF - areia fina (>0,125 mm); AMF - areia muito fina (0,063 mm); S/A - silte e argila (<0,063 mm) em amostras de sedimentos da área de estudo, dentro da voçoroca.

FIGURE 1: Average percentage of representation of different size fractions (CA- gravel (> 4mm); AMG- very coarse sand (> 2mm); AG- coarse sand (> 1mm); AM- medium sand (> 0,5mm); sand fine (> 0,125mm); AMF- very fine sand (0,063mm); S/A - silt and clay (< 0,063mm) in sediment samples from the study area within the gully.

As concentrações de N, P, K e matéria orgânica não diferiram entre os tratamentos tanto no início quanto no fim e foram consideradas baixas, caracterizando um solo distrófico. Houve ampla variação entre as amostras de sedimento na área, especialmente para K (Tabela 1). A média do pH foi de 4,52 (água) e 5,42 (em KCl). As concentrações de N (g/Kg) e K (mg/Kg)

foram significativamente maiores no fim, em relação ao início do experimento ( $Z = 1,85$ ;  $P < 0,05$ ), ( $Z = 2,66$ ;  $P < 0,05$ ), enquanto os valores de P (mg/Kg) e matéria orgânica não diferiram ( $Z = 0,13$ ;  $P > 0,05$ ), ( $Z = 0,16$ ;  $P > 0,05$ ) (Tabela 1).

### Germinação, estabelecimento e crescimento de *Cratylia argentea*

Altas taxas de germinação foram observadas para as sementes semeadas em fitocelas no laboratório (100%) e na voçoroca (93%). A sobrevivência foi de 79% para plântulas que foram transplantadas do laboratório para o campo e de 73% para as plântulas oriundas de germinação no campo. Ao final do experimento, foi observada a presença de nódulos de fixação de nitrogênio em apenas um indivíduo transplantado.

### Influência de *Cratylia argentea* no desenvolvimento das espécies *Vetiveria zizanioides* e *Echinolaena inflexa*

Não foi verificado efeito significativo da presença de *Cratylia argentea* sobre o crescimento das gramíneas *Echinolaena inflexa* e *Vetiveria zizanioides* ( $F_{4,52} = 1,39$ ;  $P > 0,05$ ;  $F_{4,52} = 0,24$ ;  $P > 0,05$ ). A razão da biomassa raiz:parte aérea também não diferiu entre o controle (tratamentos sem *C. argentea*) e os tratamentos de consórcio com a leguminosa para ambas as espécies de gramíneas ( $F_2 = 0,76$ ;  $P > 0,05$ ).

Como não houve efeito do tratamento (presença de *Cratylia argentea*) no desenvolvimento em geral das espécies de gramíneas, tal tratamento foi desconsiderado e todas as demais análises foram feitas considerando-se somente o crescimento das três espécies independentemente se foram transplantadas sozinhas ou em consórcio.

### Crescimento das plantas

O crescimento em altura (cm) das plântulas de *Cratylia argentea* entre abril e outubro, tanto provenientes de germinação na voçoroca ( $F_{1,5} = 56,9$ ;  $P < 0,05$ ) como das plântulas que foram transplantadas ( $F_{1,5} = 25,7$ ;  $P < 0,05$ ) foi significativo (Figura 2). Assim como a altura, o crescimento das plântulas de *Cratylia argentea* em diâmetro (mm) também foi significativo ( $Z_{11} = 2,9$ ;  $P < 0,05$ ).

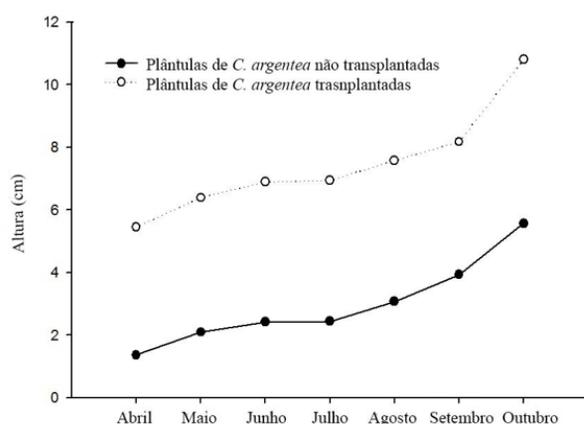


FIGURA 2: Crescimento em altura (cm) de plântulas de *Cratylia argentea* que foram transplantadas para voçoroca (ponto vazio) e plântulas de *Cratylia argentea* oriundas de germinação na própria voçoroca (ponto cheio), durante os meses de amostragem.

FIGURE 2: Growth in height (cm) *Cratylia argentea* seedlings were transplanted into gullies (empty point) and seedlings *Cratylia argentea* germinated in the gully itself (full point), during the month of sampling.

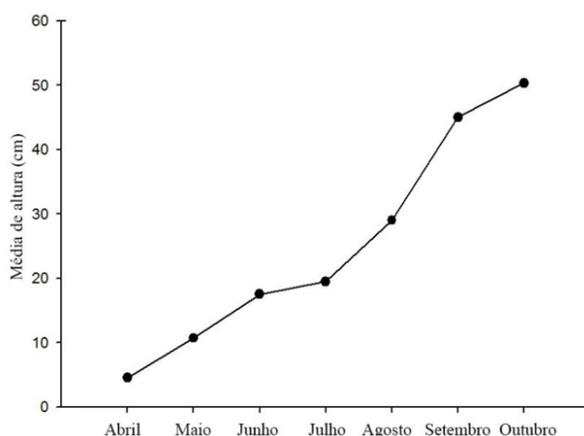


FIGURA 3: Média do crescimento em altura (cm) de *Vetiveria zizanioides* mensurado a cada trinta dias após o plantio no campo (de abril a outubro de 2010).

FIGURE 3: Average growth in height (cm) of *Vetiveria zizanioides* measured every thirty days after planting in the field (April to October 2010).

Todas as touceiras de *Vetiveria zizanioides* e *Echinolaena inflexa* sobreviveram após o plantio

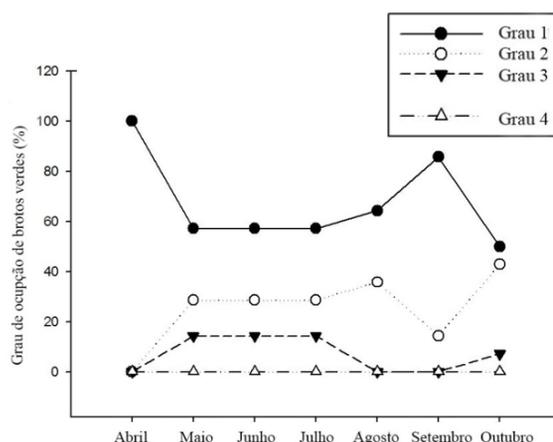


FIGURA 4: Número (expresso em porcentagem) de touceiras de *Echinolaena inflexa* que apresentam os graus de 1 a 4 de ocupação de brotos verdes (de abril a outubro de 2010). Grau 1 representa 0 a 25% de ocupação de brotos verdes na touceira, grau 2 representa 26 a 50%, grau 3 representa 51 a 75% e grau 4 representa 76 a 100%.

FIGURE 4: Number (expressed in percentage) of clumps of *Echinolaena inflexa* presenting 1-4 degrees of occupation of green shoots (from April to October 2010). Grade 1 represents 0 to 25% of occupancy of green shoots in the clump, grade 2 represents 26 to 50%, grade 3 represents 51 to 75% and grade 4 represents 76 to 100%.

na voçoroca. No entanto, somente o crescimento de *Vetiveria zizanioides* foi significativo ( $F_{2,36} = 77,4$ ;  $P < 0,05$ ), ( $F_{4,52} = 3,045$ ;  $P > 0,05$ ) (Figura 3) e (Figura 4). Grande variação entre as parcelas foi observada, sendo o crescimento mínimo dos feixes de folhas, ao longo dos seis meses de estudo, de 17,75 cm e o máximo de 74,25 cm, e o crescimento médio 48,56 cm. O crescimento de *Echinolaena inflexa*, avaliado de acordo com o grau de ocupação de brotos verdes em sua touceira, variou do grau 1 ao 3 no período, ou seja, de 0 a 75% de área verde, sendo que em nenhum dos meses de amostragem a ocupação dos brotos verdes de *Echinolaena inflexa* ultrapassou o percentual de 75% (grau 4).

### Biomassa seca das espécies

A razão raiz:parte aérea variou entre as plântulas de *Cratylia argentea*. As plântulas mais

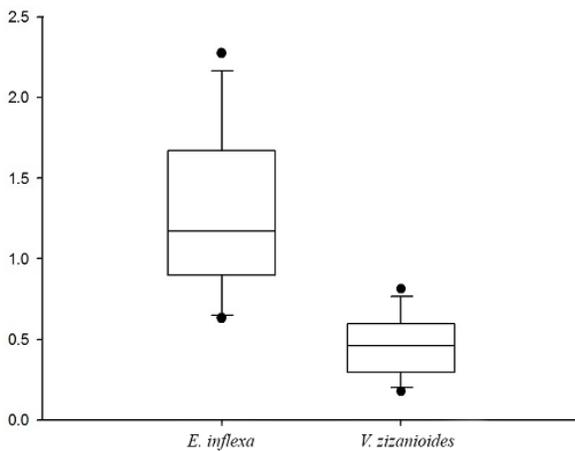


FIGURA 5: Razão raiz:parte aérea da biomassa seca das gramíneas *E. inflexa* e *V. zizanioides* coletadas ao final do experimento.

FIGURE 5: Ratio root: shoot dry biomass of grasses *V. zizanioides* and *E. inflexa* collected at the end of the experiment.

velhas (transplantadas) apresentaram uma razão maior de raiz:parte aérea ( $F_1 = 97,2$ ;  $P < 0,05$ ), média de 1,02, enquanto que as plântulas mais novas (que germinaram na voçoroca) apresentaram uma menor razão ( $F_1 = 4,7$ ;  $P < 0,05$ ) média de 0,61. As duas espécies de gramíneas apresentaram, entre si, diferença significativa de alocação de biomassa ( $F_1 = 97,2$ ;  $P < 0,05$ ) (Figura 6), entre raiz e parte aérea, sendo a razão de 0,45 em *Vetiveria zizanioides*, e de 1,5 em *Echinolaena inflexa*. A biomassa seca da parte aérea de *Vetiveria zizanioides* variou entre 8,99 g e 26,31 g (média de 18,48 g), enquanto a biomassa radicular variou entre 4,18 g e 21,4 g (média de 8,43 g). Para *Echinolaena inflexa*, a biomassa seca aérea variou entre 13 a 54 g (média de 42,33 g), e radicular

entre 30 e 75 g, média de (51,95 g).

## DISCUSSÃO

A grande variação encontrada nos dados de crescimento e biomassa seca dentro das populações estudadas pode ser reflexo da observada heterogeneidade das condições edáficas (granulometria e fertilidade) do local do plantio das espécies. Sedimentos encontrados dentro da voçoroca podem ser oriundos de diferentes horizontes do solo e de diferentes localidades, acarretando na diferenciação de atributos químicos e físicos desses sedimentos (MACHADO, 2007). A heterogeneidade espacial pode levar à diferenciação na capacidade de campo do solo, entre outros aspectos relacionados à disponibilidade de água e nutrientes (BRADY e WEIL, 2008).

A maior fração granulométrica, em termos de porcentagem, encontrada nos sedimentos foi representada pela fração silte + argila. O alto percentual de silte encontrado nas amostras é resultado do acúmulo dos solos do espesso horizonte C (espessuras superiores a 30 m – SOBREIRA, 1998), extremamente siltoso (BACELLAR, 2000), e muito erodível (SOBREIRA, 2000). O maior percentual de silte em amostras de sedimentos depositados dentro da voçoroca do estudo (chamadas de colúvio) também foi encontrado em estudo realizado por Ribeiro et al. (2010).

O intenso processo de lixiviação e erosão a que as voçorocas estão submetidas pode remover as camadas superiores do solo e juntamente com elas, os nutrientes, acarretando em decréscimo significativo da fertilidade do solo (STAVI e LAL, 2011), configurando um

TABELA 1: Concentração média de N, P, K e matéria orgânica no sedimento no início do experimento (plantio das espécies) e ao fim do experimento (oito meses depois do plantio). \* indica diferença significativa entre o início e o fim do estudo.

TABLE 1: Average of N, P, K and organic matter in the sediment at the beginning of the experiment (plantation species) and the end of the experiment (eight months after planting), \* indicates significant difference between the beginning and end of the study.

Concentração média	Início	Final
N (g/Kg)	0,14 ( $\pm 0.06$ )	0,19 ( $\pm 0.09$ ) *
P (mg/Kg)	1,29 ( $\pm 0.24$ )	1,29 ( $\pm 0.14$ )
K (mg/Kg)	0,85 ( $\pm 1.65$ )	6,50 ( $\pm 9.11$ )*
Matéria orgânica (dag/Kg)	0,19 ( $\pm 0.17$ )	0,19 ( $\pm 0.18$ )

ambiente bastante restritivo ao estabelecimento e crescimento de plantas (COHEN e REY, 2005). De fato, as concentrações médias de N, P, K e a matéria orgânica encontrada são muito baixas, mesmo quando comparadas a camadas superficiais de solos distróficos como os do cerrado, por exemplo, Haridassan (2000). Adicionalmente, o baixo pH encontrado pode favorecer a deficiência de bases trocáveis como Ca, K e Mg, reduzir a capacidade de troca de cátions e elevar os níveis de Al disponível (TAIZ et al., 2004). No entanto, o desempenho das espécies estudadas foi bastante satisfatório, já que foram observados 100% de sobrevivência das populações de *Echinolaena inflexa*, *Vetiveria zizanioides* e *Cratylia argentea* transplantadas para a área, mesmo durante a estação seca, fase mais crítica do ano.

Atualmente, a gramínea *Vetiveria zizanioides* é utilizada em diversos projetos com a finalidade de revegetar áreas e conter processos erosivos (TRUONG e HENGCHAOVANICH, 1997; TRUONG, 1999). Castro (2007), em estudo com revegetação de taludes, indica *Vetiveria zizanioides* como uma eficiente gramínea para projetos que envolvam revegetação de áreas, principalmente devido à densa cobertura vegetal oferecida pela mesma. Características de *Vetiveria zizanioides* como talos retos e enrijecidos, raízes que atingem grandes profundidades, além de grandes e densas touceiras formadas pela mesma, são algumas das características que podem justificar sua eficiência para atenuar a erosão do solo (TRUONG e HENGCHAOVANICH, 1997). No entanto, não há relatos do uso de *Vetiveria zizanioides* para revegetação de voçorocas, onde o processo erosivo é intenso e a remoção de material muito rápida, além de condições edafoclimáticas inadequadas para o crescimento e estabelecimento de vegetação.

O crescimento significativo desta gramínea dentro da voçoroca, durante a estação seca, reforçou o seu potencial de sobrevivência e crescimento em condições edafoclimáticas adversas. No entanto, estudos anteriores relataram que *Vetiveria zizanioides* se desenvolve melhor em condições de maior disponibilidade de água e nutrientes nos solos (DUDAI et al., 2006; EDELSTEIN et al., 2009). Chong e Chu (2007) verificaram que o crescimento em altura e a alocação de biomassa de *Vetiveria zizanioides*, tanto para parte radicular quanto para parte aérea, foram

prejudicados em condições de escassez hídrica. Quando tal gramínea é plantada em condições de baixa disponibilidade de água (de acordo com o local e período do ano), recomenda-se a prática de irrigação após a implantação das mudas (TRUONG e HENGCHAOVANICH, 1997). No entanto, no presente estudo, mesmo sem nenhuma prática cultural, adição de fertilizantes e irrigação, observou-se crescimento significativo e manutenção de superfície fotossintetizante ativa durante a estação seca.

Ao contrário de *Vetiveria zizanioides*, não há estudos que predigam os limites de tolerância a certas condições ambientais de *Echinolaena inflexa*. Entretanto, devido à sua ocorrência em diversas regiões e tipos de solos no país, acredita-se que esta gramínea possa ter grande plasticidade ecofisiológica, eventualmente a ponto de suportar as condições da voçoroca. Gramíneas da savana tropical podem adquirir e conservar água de maneiras diferentes (AMUNDSON et al., 1995), mas, geralmente, não toleram o período de estiagem, e como estratégia, reduzem sua área foliar ativa para evitar a perda de água durante a seca estacional (SILVA e KLINK, 2001). Segundo Dewar (1993), em condições de baixa disponibilidade hídrica e de nitrogênio, as espécies típicas do cerrado normalmente alocam mais recursos para parte radicular, resultando em alto quociente raiz:parte aérea, como observado neste estudo. O investimento em tecidos de reserva de água e nutrientes em órgãos subterrâneos é aspecto comum em espécies de cerrado e tem sido relacionado ao potencial de rebrota da parte aérea após o período de estiagem ou distúrbios como o fogo (RIZZINI e HERINGER, 1962; EITEN, 1972).

Leite et al. (1997) verificaram que *Echinolaena inflexa* iniciou a produção de folhas verdes na transição entre as estações seca e chuvosa, apresentando o máximo de área foliar ativa no período de máxima precipitação. Silva e Klink (2001) também encontraram estreita relação entre precipitação e produção de folhas de gramíneas do cerrado, como *Echinolaena inflexa*. No interior da voçoroca, as touceiras de *Echinolaena inflexa* comportaram-se como esperado, reduzindo drasticamente o percentual de ocupação de brotos verdes durante a estação seca, e, com o início das primeiras chuvas, apresentando imediata rebrota da parte aérea. Assim como o vetiver, o crescimento de *Echinolaena inflexa*

também parece responder positivamente à adição de nutrientes, especialmente de nitrogênio (MIRANDA, 2009; BRITO et al., 2008). Porém, como não foi observada a nodulação entre os indivíduos de *Cratylia argentea*, não houve aumento da disponibilidade de N no solo e assim, o crescimento de *Echinolaena inflexa* não foi facilitado. Por outro lado, apesar das condições desfavoráveis, sem nenhum trato cultural, tal gramínea também apresentou respostas esperadas de crescimento durante a estação seca e capacidade de rebrota com o início das chuvas.

*Cratylia argentea* é uma espécie considerada tolerante a seca, sendo capaz de produzir cerca de 30% de sua biomassa anual no período de estiagem (IBRAHIM et al., 2001). Porém, assim como as espécies de gramínea, ela também se desenvolve significativamente melhor sob condições de maior disponibilidade de água (ANDERSON et al., 2006). O efeito do *deficit* hídrico em plântulas de *Cratylia argentea* pôde ser observado comparando-se o crescimento inicial das plântulas que germinaram em fitocelas no laboratório em sedimento da voçoroca, e irrigadas diariamente, com aquelas germinadas diretamente no campo, sem irrigação e sob alta radiação luminosa. As plântulas desenvolvidas em laboratório tiveram crescimento em altura em média de 6,0 cm no primeiro mês, enquanto que as plântulas que se desenvolveram em condições de campo cresceram em média 1,5 cm.

Segundo Anderson (2006), *Cratylia argentea* pode apresentar associações com rizóbios do tipo *cowpea* (presente em solos tropicais), o que foi observado em somente um indivíduo no campo. Assim, o esperado aumento da disponibilidade de N nas parcelas plantadas com a leguminosa não ocorreu, explicando a ausência de diferença nos parâmetros de crescimento de *Vetiveria zizanioides* e *Echinolaena inflexa* entre o controle e o tratamento (consórcio com a leguminosa). A nodulação nas parcelas do experimento pode ter sido impossibilitada devido à interação de várias características edafoclimáticas que interferem diretamente na nodulação e fixação biológica de nitrogênio, como disponibilidade de elementos como Mo, Fe, S (RAVEN, 2005), P e K (GUALTER et al., 2008) e pH do solo (RAVEN, 2005), além da ausência da microbiota necessária.

Além da possibilidade de associação simbiótica com fixadores de nitrogênio,

*Cratylia argentea* também pode ser usada em trabalhos de revegetação devido a outras características, como estabelecimento relativamente rápido, alta retenção foliar, mesmo em longos períodos de seca, e sistema radicular desenvolvido e grandemente ramificado que pode atingir até 2 m de profundidade, atributos estes que podem contribuir para atenuar processos erosivos (MAASS, 1996). A alta taxa de germinação das sementes, sobrevivência e crescimento de *Cratylia argentea* no interior da voçoroca também indicam grande potencial para uso em projetos de recuperação em áreas como estas. No entanto, até o momento, *Cratylia argentea* tem sido aproveitada somente como forrageira, devido à alta produção de biomassa e sementes, tolerância à seca estacional e a condições edáficas adversas (como baixa fertilidade e baixo pH), sem relatos de outros estudos dessa leguminosa em trabalhos de revegetação e recuperação de áreas degradadas.

Em áreas erodidas, como voçorocas, devido aos intensos processos de lixiviação, as camadas superiores do solo, onde os nutrientes estão contidos e ciclados, foram perdidas, acarretando um decréscimo na quantidade de nutrientes disponíveis para o uso das plantas (TOY et al., 2002). No entanto, a partir do estabelecimento da vegetação, o conteúdo de matéria orgânica do solo tende a aumentar (ANDREU et al., 1998), assim como a concentração de nutrientes como o K e N após a instalação da vegetação, em relação ao solo desnudo (DASS et al., 2011).

No entanto, no presente estudo, o aumento da concentração de matéria orgânica e P no solo, após o estabelecimento da vegetação (ao final do experimento), pode não ter sido significativo, devido ao pouco tempo de experimento e devido ao fato de, em solos ácidos, o P pode se ligar ao Fe e Al e formar compostos de baixa solubilidade. No caso da matéria orgânica, adicionalmente ao curto tempo de experimento, a ausência de decomposição de serapilheira ou ausência de serapilheira pode ter acarretado em tal resultado (SCHLESINGER, 1997), já que a principal fonte de matéria orgânica para o solo é oriunda da decomposição de serapilheira (embora a mesma não tenha sido medida).

## CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no presente estudo, que objetivou gerar novos conhecimentos sobre o potencial biológico para revegetação em voçorocas das espécies nativas de cerrado *Echinolaena inflexa* e *Cratylia argentea*, além da exótica *Vetiveria zizanioides*, sugerem que as espécies estudadas possam ser utilizadas em programas de recuperação destas áreas praticamente sem nenhum trato cultural. Todas as espécies testadas mostraram-se tolerantes às condições de baixa disponibilidade de nutrientes e de água dentro da voçoroca, apresentando taxas de germinação, sobrevivência e crescimento significativas ao longo da estação seca. Enquanto *Vetiveria zizanioides* apresentou maior investimento na parte aérea em relação ao sistema radicular, o contrário foi observado em *Echinolaena inflexa*. Como estas características resultarão em melhores resultados em termos de estabilização dos solos dentro da voçoroca, cabe ainda ser investigado. As condições edafoclimáticas no colúvio dentro da voçoroca não viabilizaram o estabelecimento da associação simbiótica entre a leguminosa *Cratylia argentea* e organismos fixadores de N<sub>2</sub>, porém, outras características típicas dessa leguminosa podem contribuir para atenuar processos erosivos, como seu extenso sistema radicular. Espera-se que os resultados positivos encontrados estimulem novos estudos relacionados à avaliação de potencial biotécnico destas e outras espécies nativas brasileiras para a recuperação de áreas degradadas.

## AGRADECIMENTOS

À CAPES, pela concessão da bolsa e à FAPEMIG pelo financiamento deste estudo (PPM09). Agradecemos também a Simone Ribeiro, Letícia Rodrigues Alves e Eduardo Franco pela ajuda em campo, e a Wagner Pereira, da Emater-MG, lotação Ouro Preto, pela cessão das sementes de *Cratylia argentea* e touceiras de *Vetiveria zizanioides*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSSON, M. S. et al. Phenological, agronomic and forage quality diversity among germplasm accessions of the tropical legume shrub *Cratylia argentea*. **Journal of Agricultural Science**, v. 144, p. 237-248.2006.
- ANDREU, V. et al. Testing three Mediterranean shrub species in runoff reduction and sediment transport. **Soil Tillage Research**, v. 45, p. 441-454. 1998.
- AMUNDSON, R. G. et al. Stomatal responsiveness to changing light intensity increases rain-use efficiency of below-crown vegetation in tropical savannas. **Journal of Arid Environments**, v. 29, p. 139-153. 1995.
- BACELLAR, L. A. P. **Condicionantes geológicos, geomorfológicos e geotécnicos dos mecanismos de voçorocamento na bacia do rio Maracujá Ouro Preto, MG**. 2000. 226 f. Tese. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.
- BACELLAR, L. A. P. et al. Controlling factors of gullyng in the Maracujá Catchment, southeastern Brazil. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 30, p. 1369-1385.2005.
- BARBOSA, L. M. Considerações Gerais e Modelos de Recuperação de Formações Ciliares. In: RODRIGUES, R. R., LEITÃO FILHO, H. F. (Eds.). **Matas Ciliares: Conservação e Recuperação**. São Paulo: EDUSP, FAPESP. 2000.p. 289-312
- BRADY, N.; WEIL, R.. **The nature and properties of soils**. 14th ed. Prentice-Hall, N. 2008.
- BRINDLE, F. A. Use of native vegetation and biostimulants for controlling soil erosion on steep terrain. **Journal of the Transportation Research Board**. **Eighth International Conference on Lowvolume Roads**, v. 1, p. 203-209.2003.
- BRITO, D. Q. et al. Resposta do estrato ao aumento da disponibilidade de nutrientes em comunidade de cerrado *sensu stricto*. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE SAVANAS TROPICAIS, 2., 2008, Brasília, **Anais...** 2008.
- CASTRO, P. T. C. **Cobertura Vegetal e indicadores microbiológicos em taludes revegetados**. 2007. 52 f. Dissertação. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
- CHONG, C. W.; CHU, L. M. Growth of vetivergrass for cutslope landscaping: effects of container size and watering rate. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 6, n. 135-141. 2007.
- COHEN, M.; REY, F. Dynamiques végétales et érosion hydrique sur les marnes les Alpes francaises du Sud. **Géomorphologie : relief, processus. Environnement**, v. 1, p. 31-44. 2005.
- ANDERSSON, M. S. et al. Phenological, agronomic and forage quality diversity among germplasm accessions of the tropical legume shrub *Cratylia*

- COSTA, F. M.; BACELLAR, L. A. P. Analysis of the influence of gully erosion in the flow pattern of catchment streams, Southeastern Brazil. **Catena**, v. 69, n. 3, p. 230-238. 2007.
- DASS, A. et al. Runoff capture through vegetative barriers and planting methodologies to reduce erosion, and improve soil moisture, fertility and crop productivity in southern Orissa, India. **Nutriente Cycling Agroecosystems**, v. 89, p. 45-57. 2011.
- DE BAETS, S. et al. Effect of grass roots on the erodibility of top soils during concentrated flow. **Geomorphology**, v.76, p. 54-67. 2006.
- DEWAR, R. C. A root-shoot partitioning model based on carbon-nitrogen-water interactions and Much phloem flow. **Functional Ecology**, v. 7, p. 356-368. 1993.
- DUDAI, N. et al. Growth management of vetiver (*Vetiveria zizanioides*) under mediterranean conditions. **Journal of Environmental Management**, v. 81, p. 63-71. 2006.
- EDELSTEIN, M., et al. Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) responses to fertilization and salinity under irrigation conditions. **Journal of Environmental Management**, v. 91, p. 215-221. 2009.
- EITEN, G. The cerrado vegetation of central Brazil. **Botanical Review**. v. 38, p. 201-341. 1972.
- GOMIDE, P. H. O. et al. Atributos Físicos, Químicos e Biológicos do Solo em Ambientes de Voçorocas no Município de Lavras – MG. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 35, p. 567-577. 2011.
- GUALTER, R. M. R. et al. Inoculação e adubação mineral em feijão-caupi: efeitos na nodulação, crescimento e produtividade. **Scientia Agrária**, v. 9, n. 4, p. 469-474. 2008.
- GUERRERO-CAMPO, J. et al. Plant traits enabling survival in Mediterranean badlands in northeastern Spain suffering from soil erosion. **Journal of Vegetation Science**, v. 19, p. 457-464. 2008.
- GYSSELS, G.; POESEN, J. The importance of plant root characteristics in controlling concentrated flow erosion rates. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 28, p. 371-384. 2003.
- HARIDASSAN, M. Nutrição Mineral De Plantas Nativas Do Cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, p. 54-64. 2000.
- IBRAHIM, M. et al. Promoting intake of *Cratylia argentea* as a dry season supplement for cattle grazing *Hyparrhenia rufa* in the subhumid tropics. **Agroforestry Systems**, v. 51, p. 167-175. 2001.
- IBAMA. **Manual de Recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação**. Brasília, 1990. 95 p.
- Ke, C. et al. Design principles and engineering samples of applying vetiver ecoengineering technology for steep slope and riverbank stabilization. In: Proc 3rd INT'L CONF. ON VETIVER, 3., 2003, Guangzhou. **Proceedings ...** Beijing: Agricultural Press, 2003. p. 365-374.
- LAVANIA, U. C. et al. Vetiver system ecotechnology for water quality improvement and environmental enhancement. **Current Science**, v. 86, p. 11-14. 2004.
- LEITE, G. G. et al. Dinâmica de Perfilhos em Gramíneas Nativas dos Cerrados do Distrito Federal submetidas à Queima. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, n. 4, p. 691-696. 1997.
- 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. 2007. 87 f. Dissertação. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.
- MARTINS, C. R. **Revegetação com gramíneas de uma área degradada no Parque Nacional de Brasília, DF, Brasil**. 1996. 100 f. Dissertação. Universidade de Brasília, Brasília, 1996.
- MARTINS, C. R. et al. Recuperação de uma área pela mineração de cascalho como o uso de gramíneas nativas. **Revista Árvore**, v. 25, n. 2, 157-166. 2001.
- MARTINS C. R. **Caracterização e Manejo da Gramínea *Melinis Minutiflora* P. Beauv. Capim Gordura: Uma espécie invasora do cerrado**. 2006. 162 f. Tese. Universidade de Brasília. Brasília, 2006.
- MAASS, B. L. Evaluación agronómica de *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze en Colombia. En: PIZARRO, E. A.; CORADIN, L. (Eds.). **Potencial del Género *Cratylia* como Leguminosa Forrajera**. EMBRAPA, CENARGEN, CPAC y CIAT. 1996. p. 62-74.
- MIRANDA, V. T. **Competitividade de espécies arbóreas, juvenis e gramíneas do cerrado e suas respostas ao aumento da disponibilidade de nitrogênio**. 2009. 57 f. Dissertação. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto,

- 2009.
- MIYASAKA, S. Histórico do estudo de adubação verde, leguminosas viáveis e suas características. In: **Adubação Verde no Brasil**. Fundação Cargill, 1984. p. 64-123.
- MORAIS, F. et al. (2004). Análise da erodibilidade de saprolitos de gnaíse. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p.1055-1062.
- MOREIRA, M. A. **Modelo de plantio de florestas mistas para a recuperação de Mata Ciliar**. 2002. 99 f. Dissertação. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.
- MORGAN, R. P. C. **Soil erosion and conservation**, 3rd ed. Oxford: Blackwell Science, 2005. p. 299.
- MUÑOZ-ROBLES, C. et al. Factor related to gully erosion in woody encroachment in south-eastern Australia. **Catena**, v. 83, p. 148-157. 2010.
- OROZCO, M. **Caracterização da Gramínea *Vetiveria Zizanioides* para Aplicação na recuperação de Áreas Degradadas por Erosão**. 2009. 96 f. Dissertação. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- PARZANESE, G. A. C. **Gênese e desenvolvimento das voçorocas em solos originados de rochas granitóides da região de Cachoeira do Campo, Minas Gerais**. 1991.117 f. Dissertação. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.
- PEREIRA, A. R. Uso do Vertiver na Estabilização de Encostas e Taludes. **Boletim Técnico De Flor**. v. 01- n.003. 2006.
- PETERS, D. P. C. et al. Spatial Variation in Remnant Grasses After a Grassland-to-Shrubland State Change: Implications for Restoration. **Rangeland Ecology Manage**, v. 59, p. 343-350. 2006.
- PIVELLO, V. R. **Invasões Biológicas no Cerrado Brasileiro: Efeitos da Introdução de Espécies Exóticas sobre a Biodiversidade**. ECOLOGIA . INFO 33. **2005**.
- RADAMBRASIL. **Levantamentos de recursos naturais**. Folhas SF 23/24. Rio de Janeiro/Vitória. Rio de Janeiro, 32, 1983. p.767.
- RAMOS, A. K. B. et al. Algumas Informações sobre Produção e Armazenamento de Sementes de *Cratylia argentea*. EMBRAPA, DF. 2003. (Circular Técnica 25).
- RAVEN, P. H. et al. **Biologia Vegetal**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. p. 477-496.
- RESENDE, M., CURI, N., REZENDE, S. B., CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Viçosa: NEPUT, 1995. 304 p.
- RIZZINI, C. T.; HERINGER, E. P. **Preliminares acerca das formações vegetais e do reflorestamento no Brasil Central**. Rio de Janeiro. Serviço de Informações Agrícola. 1962. 79 p.
- RIZZINI, C. T., **Tratado de Fitogeografia do Brasil**. São Paulo: HUCITEC/EDUSP, p.374.
- SCHLESINGER, W. H.. **An analysis of Global Change**. 2nd ed. Academic Press, San Diego. 1997. 558 p.
- SCHULTZE-KRAFT, R. Leguminous forage shrubs for acid soils in the tropics. In: *ELGERSMA, A., STRUIK, P. C. AND MAESEN, L. J. G. VAN DER*, (eds). **Grassland Science in Perspective**. Wageningen, the Netherlands: Wageningen Agricultural University.1996. p. 67-81. (Wageningen Agricultural University Papers 96-4)
- SILVA, A. D.; KLINK, C. A. Dinâmica de foliação e perfilhamento de duas gramíneas C4 e uma C3 nativas do Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, n. 4, p. 441-446. 2001.
- SILVA, J. J.; SALIBA, E. O. S. Pastagens consorciadas: Uma alternativa para sistemas extensivos e orgânicos. Arquivo brasileiro de Veterinária e Zootecnia, v. 14, n. 1, p. 8-18.2007.
- SOBREIRA, F. G. **Estudo das erosões de Cachoeira do Campo, Ouro Preto, MG**. Universidade Federal de Ouro Preto, 1998. 130 p.
- SOBREIRA, F. G. Riscos geológicos do distrito de Cachoeira do Campo, MG. **Revista da Escola de Minas**, v. 45, p. 85-87, 2000.
- SOUZA, A., et al. Gramíneas do cerrado: carboidratos não-estruturais e aspectos ecofisiológicos. **Acta Botânica Brasílica**, v. 19, n. 1, p. 81-90, 2005.
- STAVI, I., LAL, R. Variability of soil physical quality and erodibility in a water-eroded cropland. **Catena**, v. 84, 148-155, 2011.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Artmed, Porto Alegre, 2009.
- TOY, T. J. et al. **Soil Erosion: Processes, prediction, measurement, and control**. John Wiley and Sons, 2002. 338 p.
- TRUONG, P. Vetiver grass technology for land stabilisation, erosion and sediment control in the Asia Pacific region. In: ASIA PACIFIC CONFERENCE ON GROUND AND WATER BIOENGINEERING FOR EROSION CONTROL AND SLOPE STABILISATION, 1., 1999, Manila. **Proceedings...** Steamboat: Int Eros Control Assoc, 1999. p. 72-84
- TRUONG, P. N. V.; HENGCHAOVANICH,

D. Application of the Vetiver Grass system in land stabilisation, erosion and sediment control in civil construction. In: Proc. SOUTHERN REGION SYMPOSIUM, 1997, Queensland. **Proceedings...** Queensland: Department of Main Roads, 1997.