

# ANÁLISE MULTIVARIADA DA VEGETAÇÃO COMO FERRAMENTA PARA AVALIAR A REABILITAÇÃO DE DUNAS LITORÂNEAS MINERADAS EM MATARACA, PARAÍBA, BRASIL<sup>1</sup>

Luciane Orlandini Cunha<sup>2</sup>, Marco Aurélio Leite Fontes<sup>3</sup>, Antônio Donizette de Oliveira<sup>3</sup> e Ary Teixeira de Oliveira-Filho<sup>3</sup>

**RESUMO** - A mineração das dunas litorâneas em Mataraca, Paraíba, Brasil, para obtenção de minérios titaníferos, demanda a retirada da vegetação original e resulta na posterior formação de grandes massas de areias quartzosas estéreis. Estas dunas ficam sujeitas à forte ação dos ventos, podendo se deslocar e ocasionar impactos ambientais de alta magnitude. A mineradora Millennium Inorganic Chemicals do Brasil S.A. desenvolve, desde 1987, um Programa de Reabilitação Ambiental, com o objetivo de fixar essas dunas e reabilitar o ecossistema. Neste estudo objetivou-se identificar o nível de influência dos fatores irrigação, tempo de recuperação, cobertura com bagaço de cana e adição de solo de mata (proveniente do decapeamento pré-exploratório) na revegetação dessas áreas. A vegetação foi levantada pelo método de pontos em 1.094 amostras, sistematicamente distribuídas em 13 estratos, que foram definidos pelas diferentes combinações dos fatores citados. Foram amostrados 3.153 indivíduos, pertencentes a 24 famílias e 84 espécies, que a partir de seus valores de cobertura foram submetidas, com os quatro fatores, a uma análise de correspondência canônica. Observou-se a idade como o fator que mais influenciou nas relações de abundância, seguido do uso de solo de mata, enquanto a irrigação e a adição de bagaço de cana quase não influenciaram o desenvolvimento da vegetação.

**Palavras-chave:** Recuperação de áreas degradadas, recuperação de dunas mineradas e dunas litorâneas.

## **ENGLISH TITLE: MULTIVARIATE ANALYSIS OF THE VEGETATION AS A TOOL TO ASSESS THE RECLAMATION OF COASTAL SAND DUNES AFTER MINING IN MATARACA, PARAÍBA BRAZIL**

**ABSTRACT** - The mining of coastal sand dunes in Mataraca, Paraíba, Brazil, to extract titanium-derived minerals requires the removal of the original vegetation and produces huge tailing dunes formed essentially of sterile quartzic sand. These dunes are blown by strong winds throughout the year and may be moved away from the coastline causing serious environmental impacts. Since 1987, the mining company Millennium Inorganic Chemicals from Brazil carries out an Environmental Rehabilitation Program aimed to fix these dunes and reclaim the ecosystem. The objective of this study was to assess the influence of the following factors on vegetation recovery: irrigation, rehabilitation age, soil coating with sugar cane bagasse, and soil coating with forest topsoil (obtained from pre-mining removal). The vegetation was surveyed using the point sampling method with 1,094 sample points distributed systematically in 13 strata defined by different combinations of factors. A total of 3153 individual plants belonging to 24 families and 84 species were recorded and their cover values in each stratum were used in a canonical correspondence analysis. Rehabilitation age was the factor most strongly correlated with the species' abundance distribution, followed by addition of forest topsoil, while irrigation and sugar bagasse had no significant influence on vegetation progress.

**Key words:** Reclamation of degraded lands, rehabilitation of mined coastal sand dunes

---

<sup>1</sup> Recebido para publicação em 30.7.2001.

Aceito para publicação em 9.9.2003.

<sup>2</sup> Millennium Inorganic Chemicals do Brasil S.A., Rodovia PB 065, km 25, 58292-000 Mataraca-PB, <orlandini@secrel.com.br>.

<sup>3</sup> Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras – UFLA, Caixa Postal 37, 37200-000 Lavras-MG.

## 1. INTRODUÇÃO

A mineração constitui um dos principais fatores antrópicos de degradação ambiental (Fonseca, 1989), devido às grandes modificações físicas e bióticas que provoca. Estes efeitos exibem maior intensidade na mineração a céu aberto, onde a paisagem é fortemente modificada, o solo é erodido e lixiviado e as águas poluídas (Silva, 1993). Por outro lado, a mineração chega a representar 60% do produto interno bruto nacional, se somada às indústrias de transformação mineral e aos bens de capital e consumo derivados da atividade (Ibram, 1992).

A recuperação de áreas degradadas pode ser definida como um processo de reversão de tais áreas em terras produtivas e auto-sustentáveis, de acordo com uma proposta preestabelecida de uso do solo (IBAMA, 1990), podendo chegar ao nível de uma recuperação de processos biológicos – sendo assim chamada “reabilitação” –, ou mesmo aproximar-se muito da estrutura ecológica original – “restauração”.

As atividades de recuperação pós-mineração evoluíram consideravelmente, e várias técnicas encontram-se perfeitamente adaptadas às condições do País (Griffith, 1992). Uma das técnicas mais utilizadas é a revegetação com espécies de rápido crescimento (Vasconcelos et al., 1997), onde a sucessão ecológica é incentivada na busca de uma comunidade mais estável (Lima, 1986) e uma paisagem esteticamente harmoniosa e ecologicamente auto-sustentável (Griffith et al., 1994).

Os substratos de áreas degradadas pela mineração comumente apresentam características de retenção de água, fertilidade e atividade biológica inadequados ao crescimento vegetal (Barth, 1989; Ibama, 1990). Assim, o sucesso da recuperação pode depender da vegetação, através da acumulação de biomassa e da ciclagem dos nutrientes contidos nesta (Silva, 1994), atuando como um componente ativo na formação do solo e exercendo efeitos químicos, físicos e biológicos que contribuem para o aumento dos níveis de nutrientes (Rosado et al., 1996).

Em regiões litorâneas, o estabelecimento vegetal enfrenta problemas devido à ocorrência de solos extremamente arenosos, com alta salinidade, baixo teor de matéria orgânica, altas taxas de infiltração e conseqüente baixa retenção de umidade, com superaquecimento das camadas superficiais expostas à insolação (Joly, 1970; Kuhlmann, 1977). As espécies selecionadas para recolonização dessas áreas devem possuir boa tolerância à seca,

sistema radicular profundo e vigoroso e capacidade de sobrevivência sob condições de baixa fertilidade e propiciar boa cobertura do solo (Barth, 1989). Entre as práticas que podem promover condições mais favoráveis ao estabelecimento da vegetação, a adição de solo da camada superficial, proveniente do decapeamento pré-exploratório da área, é amplamente recomendada (Unwin & Cook, 1986; Barth, 1989; Ibama, 1990). Além do valor representado pelo banco de sementes, pela matéria orgânica e pelos nutrientes, contém microorganismos simbióticos e degradadores de material orgânico extremamente importantes (Barth, 1989).

Outras práticas importantes são a incorporação de matéria orgânica, a fertilização e a irrigação. A primeira pode ser feita com uso de esterco animal, resíduos de plantas, bagaço de cana, casca de arroz ou outras fontes. A presença destes materiais pode facilitar processos microbianos como a humificação, agregação do solo e ciclagem de nitrogênio, essenciais ao estabelecimento da vegetação nos estéreis (substâncias naturais não-aproveitáveis economicamente) e rejeitos de mineração (Seaker & Sopper, 1988). Barroso (1994), analisando os efeitos da adição de diferentes tipos de cobertura em dunas, na mesma área deste estudo, verificou que todos foram eficientes na melhoria das características físicas e químicas do rejeito, sendo o bagaço de cana associado ao solo da camada superficial a condição mais efetiva na melhoria da fertilidade e disponibilidade de água das dunas de rejeito. A fertilização é importante devido à pobreza da maioria dos substratos a serem recuperados (Silva, 1993), pois ela acelera o estabelecimento vegetal para controle da erosão e melhoria das condições extremas dos substratos, sendo seu nível adequado dependente das espécies utilizadas e das características do sítio (Fox, 1984). A irrigação também é utilizada para abreviar o processo.

Em Mataraca, litoral da Paraíba, Brasil, a Millennium Inorganic Chemicals (MIC) extrai das dunas litorânea os minerais titaníferos ilmenita, rutilo e zirconita, matérias-primas na indústria de pigmento, eletrodos de solda e cerâmicas, respectivamente. Os estudos que visam a recuperação e estabilização das dunas de rejeito desta atividade foram iniciados em 1987, com o suporte técnico da Universidade Federal de Lavras. Desde então, tem sido constatado o avanço do processo da sucessão ecológica, com conseqüentes complexação estrutural da vegetação e aumento da diversidade vegetal (Carvalho & Oliveira-Filho, 1993; Oliveira-Filho & Carvalho, 1993; Miranda, 1994; Santos, 1996).

Relatos de experiências de revegetação de áreas degradadas por mineração em locais sob condições adversas, como é o caso de dunas litorâneas, são encontrados na Austrália (Scanlon & Martnick, 1986; Unwin & Cook, 1986) e nos Estados Unidos (Farmer Junior, Cunningham & Barnhill, 1982; Maun & Krajnyk, 1989). No Brasil, no que se refere à recuperação de dunas de rejeito resultantes da atividade mineradora, este trabalho é pioneiro.

O objetivo deste estudo foi verificar se as técnicas utilizadas na reabilitação das dunas de rejeito em Mataraca, Paraíba, estão resultando em respostas diferenciadas no restabelecimento da vegetação e, caso estejam, quais são os fatores responsáveis por estas respostas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área do Estudo

As dunas estudadas pertencem à MIC e localizam-se no município de Mataraca, Paraíba. Geologicamente, aí predomina o Grupo Barreiras, composto principalmente de rochas sedimentares argilo-arenosas do Terciário (Mabesoone & Castro, 1975), revestidas por sedimentos arenosos trazidos pelo vento costeiro e, ou, originários de intemperização e redeposição (Bittencourt, 1975). Insere-se na Unidade Geomorfológica de Tabuleiros Costeiros, recebendo a denominação de Faixa Litorânea (BRASIL, 1981), sendo o relevo caracterizado pelas dunas de 50 a 80 m de altura.

O clima é do tipo Am, segundo a classificação de Köppen, caracterizando-se como tropical e chuvoso, com uma curta estação seca. A temperatura média anual é de 25,5 °C (23,7 °C em julho e 26,8 °C em fevereiro). A pluviosidade média anual é de 1.725 mm, 86,2% do total concentrado entre fevereiro e agosto, sendo dezembro o mês mais seco (32 mm) e ocorrendo dois picos de chuva em maio (289 mm) e em julho (255 mm).

As vegetações predominantes são a restinga, sobre as dunas de areia costeiras, que apresenta uma fisionomia variável dos campos praianos às florestas; e o tabuleiro, em planícies arenosas próximas à costa, sendo uma disjunção dos cerrados da região central do Brasil (Oliveira-Filho, 1993).

A área recebeu, após a mineração, a adição de solo de mata proveniente do decapeamento pré-exploratório

e de matéria orgânica na forma de bagaço de cana, quebra-ventos físicos e biológicos, plantios de espécies vegetais, irrigação e tratos culturais. As áreas sob recuperação têm idades variadas, encontrando-se a vegetação em estádios sucessionais diversos, predominando o herbáceo no momento do levantamento.

### 2.2. Levantamento da Vegetação

As áreas em recuperação foram estratificadas segundo a combinação dos parâmetros: tempo da duna em recuperação (8, 6, 4 e 2 anos, tendo como referência o ano de 1996), tipo de substrato usado (ausência de qualquer cobertura, apenas bagaço de cana, apenas solo de mata e bagaço de cana com solo de mata, observando-se que o bagaço de cana recebeu como adubação nitrogenada 50 kg de uréia por hectare coberto) e presença ou ausência de irrigação. As 13 combinações podem ser vistas no Quadro 1.

A vegetação foi levantada nos estratos entre maio e junho de 1996, durante o período chuvoso. Utilizou-se o método de pontos (Cockaine, 1926, adaptado por Mantovani, 1987), sendo este sem uso de parcelas e baseado na amostragem das plantas que toquem uma vareta vertical alocada no terreno e utilizado principalmente na descrição de vegetações herbáceas. Apresenta como vantagens a rapidez, a precisão e a pouca perturbação ocasionada à vegetação (Levy & Madden, 1933; Goodall, 1952). Deste modo, foram utilizados uma vareta de aço inoxidável com diâmetro de 3 mm e 1 m de comprimento, com precisão de 5 cm, nível de bolha, para evitar inclinações, e uma proteção de papelão para prevenir a interferência do vento durante as leituras.

Foram consideradas como bordadura e excluídas do levantamento as áreas de encontro dos estratos entre si, e destes com outras formas de ocupação do solo, como estradas ou quebra-ventos, reduzindo-se a área total de 32,4 para 11,8 ha. Considerando-se uma área de influência de 9 m<sup>2</sup> para cada ponto amostral, determinou-se uma amostragem equivalente a 1.094 pontos, distribuídos nos estratos proporcionalmente às suas áreas e alocados sistematicamente.

O levantamento em cada ponto constou da anotação de seu número, da ocorrência ou não de cobertura, do número e da altura do toque e da espécie tocada. As espécies foram identificadas mediante coletada, herborização e consulta a especialistas e por comparação nos Herbários ESAL (da Universidade Federal de Lavras), UEC

**Quadro 1** – Caracterização dos 13 estratos amostrados nas dunas de rejeito de mineração da MIC, Mataraca-PB, em que “x” refere-se à presença do fator ambiental

**Table 1** – Characterization of the 13 strata sampled on the tailing dunes of Millenium Inorganic Chemicals, in Mataraca, Paraíba, Brazil, where “x” refers to the presence of the environmental factor

Estrato	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Idade em anos	8	8	8	8	8	8	6	6	4	4	4	2	2
Solo	x	x			x		x	x	x	x	x	x	x
Bagaço	x		x		x	x	x	x	x	x		x	
Irrigação	x	x	x	x			x		x				

(da Universidade Estadual de Campinas) e SP (do Instituto de Botânica de São Paulo).

### 2.3. Análise dos Dados

Para cada espécie e em cada estrato foi calculado seu índice de cobertura, a partir de seus valores de frequência e vigor absolutos. A frequência ou cobertura absoluta (FA) refere-se à porcentagem de unidades amostrais com ocorrência de uma determinada espécie (como no método de pontos o toque da agulha indica a cobertura do ponto por um ou mais indivíduos de uma ou mais espécies, este parâmetro pode expressar tanto a frequência como a cobertura). É expressa pela fórmula de Goodall (1952):  $FA_i = (NP_i/NTP) \times 100$ ; em que  $FA_i$  = frequência absoluta da espécie  $i$  (%);  $NP_i$  = nº de pontos com a espécie  $i$ ; e  $NTP$  = nº total de pontos amostrados. O vigor absoluto (VA) é dado pelo número de toques registrados por uma espécie em relação ao total de pontos amostrados, conseqüentemente reflete a estratificação ou a cobertura vertical de uma espécie e depende da sua forma de vida e desenvolvimento. Pode ser usado na indicação da dominância ou notabilidade das espécies, seja por sua altura, cobertura ou densidade (Matteucci & Colma, 1982). Quando reflete o êxito da espécie na comunidade, corresponde a *relative frequency of each species in the cover*, de Levy & Madden (1933), sendo expressa por:  $VA_i = (NT_i/NTP) \times 100$ ; em que  $VA_i$  = vigor absoluto da espécie  $i$  (%);  $NT_i$  = nº de toques na espécie  $i$ ; e  $NTP$  = nº total de pontos amostrados. Por fim, o índice de cobertura (IC) resulta da soma da frequência absoluta com o vigor absoluto da espécie.

A partir desses dados, procedeu-se à análise de gradientes, com o objetivo de correlacionar a distribuição das abundâncias das espécies com as variáveis ambientais, por meio da análise de correspondência canônica ou CCA - *canonical correspondence analysis* (Ter Braak,

1986, 1987, 1988). Este método de ordenação utiliza regressões múltiplas e permite a ordenação conjunta de espécies e fatores ambientais em um mesmo diagrama.

Para análise das variações em vegetação existe uma grande diversidade de técnicas de análise de dados multivariados (Causton, 1988; Gauch, 1982; Kent & Coker, 1992). Tais técnicas geralmente produzem ordenações onde as amostras são agrupadas de acordo com suas semelhanças em composição de espécies e as espécies são agrupadas por suas semelhanças na distribuição nas parcelas. A influência de fatores ambientais nos padrões encontrados é constatada posteriormente, confrontando os resultados com as variações ambientais levantadas nas amostras.

A CCA correlaciona simultaneamente duas matrizes, uma matriz de abundância de espécies por amostra e uma matriz correspondente de variáveis ambientais, por isto é chamada de análise de gradientes mista. Assim, produz uma ordenação simultânea de espécies, amostras e variáveis ambientais, ou seja, realiza uma análise direta dos gradientes na vegetação. Normalmente a matriz de espécies é formada ao excluir as espécies raras, pois, segundo Causton (1998), os indivíduos menos abundantes contribuem muito pouco ou nada para a ordenação e só aumentam o volume de cálculos. Já a matriz de variáveis ambientais inclui, inicialmente, todas as variáveis coletadas, e após uma CCA preliminar são eliminadas aquelas que produzem baixas correlações com os eixos de ordenação e também as redundantes entre si. A análise produz, graficamente, uma ordenação onde a distribuição de espécies e as amostras são representadas por pontos. As variáveis ambientais contínuas aparecem como setas e as nominais, como centróides, indicando a direção de seu aumento no espaço de ordenação e com distância da origem proporcional à sua importância na explicação da variância projetada em cada eixo.

Entre as diversas técnicas de análises multivariadas da vegetação, a CAA é atualmente a mais indicada quando o objetivo é obter uma relação mais estreita das variáveis ambientais com a abundância de espécies (Kent & Coker, 1992; Digby & Kempton, 1996). Entre as vantagens da CCA, a maior delas é a possibilidade de aplicação do teste de Monte Carlo (Hope, 1968), que consiste em permutar aleatoriamente as linhas da matriz de variáveis ambientais, com o intuito de testar a significância da correlação entre as duas matrizes, identificando a probabilidade de acerto da relação encontrada entre as matrizes originais.

Neste estudo, utilizou-se o programa Canoco versão 3.12 (Ter Braak, 1988), produzindo-se uma matriz de abundância das espécies com IC  $\geq 5\%$  para cada estrato, perfazendo um total de 17 espécies, e uma matriz das variáveis ambientais utilizadas na estratificação da vegetação. Para facilitar a visualização, o gráfico de

ordenação foi dividido em um diagrama de ordenação de espécies por ambiente e outro de parcelas por ambiente.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram amostrados 3.153 indivíduos, distribuídos em 24 famílias e 84 espécies (Quadro 2, com seus respectivos índices de cobertura), o que indica um aumento da diversidade vegetal com o tempo, pois em estudos anteriores, no mesmo local e período de chuvas, foi constatada a presença de 70 (Carvalho & Oliveira-Filho, 1993) ou 72 espécies (Santos, 1996). As famílias mais importantes foram Leguminosae (com 21 espécies), Poaceae (16), Euphorbiaceae e Rubiaceae (7 cada), Convolvulaceae (5) e Asteraceae (4), sendo as duas primeiras de extrema importância, pela capacidade de associação com microrganismos.

**Quadro 2** – Espécies vegetais encontradas nas dunas em recuperação da MIC, Mataraca-PB, listadas por família, seguidas do hábito mais freqüente (Háb.) e de seus valores de índice de cobertura por estrato (E1 a E13). A = arbóreo, a = arbustivo, a/A = arbustivo-arbóreo, sa = subarbustivo, h = herbáceo, h/sa = herbáceo-subarbustivo, t = trepador, p = procumbente, p/sa = procumbente-subarbustivo, p/t = procumbente-trepador e pa = parasita

**Table 2** - Plant species found in the tailing dunes of Millenium Inorganic Chemicals, in Mataraca, Paraíba, Brazil, organized by families and followed by their most frequent growth form (Háb.) and cover values per stratum (E1 to E13). A = tree, a = shrub, a/A = tree/shrub, sa = sub-shrub, h = herb, h/sa = herb/sub-shrub, t = scandent, p = procumbent, p/sa = scandent/sub-shrub, p/t = scandent/climber, and pa = parasite

Famílias e Espécies	Háb.	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13
<b>Amaranthaceae</b>														
<i>Alternanthera brasiliana</i>	h	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,9	-	-
<b>Anacardiaceae</b>														
<i>Anacardium occidentale</i>	a/A	11,6	8,5	15,0	-	-	-	8,6	-	4,1	-	19,5	-	19,7
<b>Aristolochiaceae</b>														
<i>Aristolochia</i> sp.	t	3,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Asclepiadaceae</b>														
<i>Oxypetalum appendiculatum</i>	p	-	1,5	-	-	-	-	0,8	-	-	-	-	-	-
<b>Asteraceae</b>														
<i>Emilia sagitata</i>	h	1,4	3,1	-	-	10,0	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Emilia sonchifolia</i>	h	1,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eupatorium laevigatum</i>	h	9,5	4,6	10,0	-	-	-	8,2	-	-	-	-	-	-
<i>Wulfia stenoglossa</i>	h/sa	3,4	3,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Bignoniaceae</b>														
<i>Tabebuia roseo-alba</i>	a/A	-	-	-	-	-	-	-	-	1,4	-	-	-	-
<b>Cecropiaceae</b>														
<i>Cecropia peltata</i>	a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2	-
<b>Commelinaceae</b>														
<i>Commelina nudiflora</i>	h	3,4	-	-	7,7	-	-	3,9	18,7	-	-	22,0	2,9	-

Continua...  
Continued...

Quadro 2, cont.  
Table 2, cont.

Famílias e Espécies	Háb.	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13
<b>Convolvulaceae</b>														
<i>Ipomoea pes-caprae</i>	p	1,4	5,4	-	-	-	-	4,3	-	1,4	-	-	9,3	3,3
<i>Ipomoea</i> sp.	p	3,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Jacquemontia montana</i>	p	-	-	-	-	-	-	0,8	-	-	-	-	-	-
<i>Merremia aegyptia</i>	p	-	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,3	-
<i>Merremia glabra</i>	p	-	3,1	-	-	-	-	3,5	-	-	-	-	-	-
<b>Cucurbitaceae</b>														
<i>Cayaponia</i> af. <i>angustiloba</i>	p/t	-	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	31,7	-	-
<i>Citrullus vulgaris</i>	p	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2	-
<i>Momordica charantia</i>	p/t	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24,4	-	-
<b>Cyperaceae</b>														
<i>Bulbostylis capilaris</i>	h	-	6,9	-	-	25,0	-	7,8	-	3,4	-	39,0	7,6	65,6
<i>Cyperus esculentus</i>	h	1,4	1,5	10,0	-	-	-	1,6	-	-	-	-	-	-
<i>Cyperus ligularis</i>	h	20,4	43,9	25,0	15,4	140,0	-	11,7	43,8	10,2	-	-	-	-
<b>Euphorbiaceae</b>														
<i>Cnidioscolus urens</i>	h/sa	6,1	1,5	-	-	-	-	19,9	-	1,4	-	14,6	1,2	-
<i>Croton lobatus</i>	h	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,7	-
<i>Croton</i> sp.	h	-	1,5	-	7,7	-	-	-	-	-	-	-	12,2	-
<i>Dalechampia micromeria</i>	p/t	-	-	-	-	-	-	0,8	-	-	-	-	-	-
<i>Dalechampia scandens</i>	p/t	9,5	51,5	-	38,5	20,0	-	27,7	12,5	-	-	-	-	-
<i>Euphorbia brasiliensis</i>	h	-	3,1	-	-	-	-	1,2	-	-	16,7	-	-	-
<i>Ricinus communis</i>	a	-	-	-	-	-	-	0,8	-	-	-	-	-	-
<b>Labiatae</b>														
<i>Marsypianthes chamaedrys</i>	h	1,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Lauraceae</b>														
<i>Cassytha filiformis</i>	pa	4,8	21,5	-	-	10,0	-	32,4	106,3	-	-	-	-	-
<b>Leg. Caesalpinoideae</b>														
<i>Bowdichia virgilioides</i>	A	3,4	-	-	-	-	-	-	-	1,4	-	-	-	-
<i>Cassia flexuosa</i>	a	2,7	-	-	7,7	-	-	1,2	-	2,7	-	22,0	1,7	-
<i>Cassia</i> sp.	a	-	-	-	-	-	-	12,1	-	-	-	-	-	-
<i>Zornia dyphilla</i>	h	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0	-	-	-	-
<b>Leg. Faboideae</b>														
<i>Abrus precatorius</i>	p/t	1,4	46,6	-	-	-	-	2,0	12,5	-	-	-	-	-
<i>Aeschynomene</i> sp.	h	2,0	3,1	-	-	-	-	0,8	-	-	-	-	-	-
<i>Canavalia brasiliensis</i>	p	4,8	-	-	-	-	-	-	-	-	33,3	-	-	-
<i>Canavalia rosea</i>	p	-	1,5	-	7,7	10,0	-	3,1	-	-	-	-	-	-
<i>Centrosema arenarium</i>	t	4,1	-	-	-	-	-	1,2	-	-	-	-	-	-
<i>Clitoria fairchildiana</i>	A	-	-	-	-	-	-	-	-	3,4	-	-	-	-
<i>Crotalaria unifoliolata</i>	h	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Desmodium barbatum</i>	sa	-	-	-	-	-	-	0,8	-	-	-	-	-	-
<i>Indigofera hirsuta</i>	h/sa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,8	-
<i>Ormosia</i> sp.	t	-	-	-	-	-	-	3,5	-	3,4	-	-	-	-
<i>Stilozobium atterimum</i>	t	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,1	-
<i>Stylosanthes guyanensis</i>	sa	-	-	-	-	-	-	1,2	-	-	-	-	-	-
<i>Vigna halophylla</i>	p/t	-	-	-	-	-	-	-	-	1,4	-	-	-	-

Continua...  
Continued...

**Quadro 2, cont.**  
**Table 2, cont.**

Famílias e Espécies	Háb.	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13
<b>Leg. Mimosoidae</b>														
<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i>	a	9,5	15,4	15,0	–	–	20,0	8,6	18,8	3,4	–	31,7	5,2	–
<i>Mimosa</i> sp.1	a	–	–	–	–	–	–	–	–	2,0	–	–	–	–
<i>Mimosa</i> sp.2	p	–	–	–	11,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Schrankia leptocarpa</i>	p/sa	–	–	–	–	–	–	2,7	–	3,4	–	–	–	–
<b>Myrtaceae</b>														
<i>Eugenia insipida</i>	a/A	4,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<b>Passifloraceae</b>														
<i>Passiflora foetida</i>	t	–	–	–	–	–	–	2,7	–	8,8	25,0	17,1	15,7	6,6
<i>Passiflora</i> sp.	t	–	–	–	–	–	–	1,6	–	–	–	–	–	–
<b>Poaceae (Gramineae)</b>														
<i>Brachiaria humidicola</i>	h	59,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Brachiaria mutica</i>	h	–	6,2	–	–	–	–	81,3	–	2,7	–	–	16,9	–
<i>Cechrus echinatus</i>	h	–	–	–	–	–	–	0,8	–	–	–	–	27,3	72,1
<i>Cynodon dactylon</i>	h	–	–	–	–	–	–	2,7	–	–	–	–	2,3	–
<i>Digitaria horizontalis</i>	h	–	–	–	–	–	–	5,5	–	–	–	–	18,0	50,8
<i>Digitaria insularis</i>	h	17,0	10,8	–	19,2	20,0	–	23,0	–	–	–	–	4,7	–
<i>Olyra</i> sp.1	a	–	–	–	–	–	–	0,8	–	–	–	–	–	–
<i>Olyra</i> sp.2	h	–	–	–	–	–	–	2,3	–	–	–	–	–	–
<i>Olyra</i> sp.3	h	–	–	–	–	–	–	2,3	–	–	–	–	–	–
<i>Panicum maximum</i>	h	–	1,5	–	–	–	–	–	–	2,0	–	–	–	–
<i>Paspalum maritimum</i>	h	112,9	112,3	50,0	142,3	45,0	60,0	41,4	68,8	191,8	175,0	317,1	7,0	–
<i>Paspalum</i> sp.	h	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,1	–
<i>Pennisetum purpureum</i>	h	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Rhynchelytrum repens</i>	h	–	–	–	11,5	10,0	20,0	41,4	–	105,4	275,0	70,7	5,2	98,4
<i>Setaria vulpiseta</i>	h	1,4	–	–	–	–	–	35,9	12,5	–	–	–	7,0	–
<i>Sporobolus virginicus</i>	h	–	–	–	7,7	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<b>Rubiaceae</b>														
<i>Borreria</i> sp.	h	4,1	–	–	–	10,0	–	35,5	12,5	4,8	–	–	1,2	–
<i>Borreria verticillata</i>	h	–	–	–	–	–	–	12,5	–	–	–	–	9,9	214,8
<i>Diodia teres</i>	h	4,1	12,3	100,0	19,2	15,0	–	41,8	–	–	–	–	52,3	–
<i>Guettarda platypoda</i>	a	–	1,5	–	–	–	–	0,8	–	–	–	–	–	–
<i>Richardia brasiliensis</i>	h	12,2	17,7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,7	–
<i>Tocoyena selloana</i>	a/A	1,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Não-identificada	h	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,2	–
<b>Solanaceae</b>														
<i>Solanum paludosum</i>	a	–	4,6	–	7,7	–	–	0,8	–	–	–	–	1,2	–
<i>Solanum paniculatum</i>	a	4,8	4,6	–	–	–	–	23,8	–	–	–	–	2,3	–
<b>Sterculiaceae</b>														
<i>Waltheria indica</i>	sa	1,4	–	–	–	–	–	–	–	2,7	–	–	1,2	6,6
<b>Turneraceae</b>														
<i>Turnera ulmifolia</i>	h	2,7	12,3	10,0	–	10,0	30,0	21,1	12,5	9,5	–	4,9	2,3	–
<b>Ulmaceae</b>														
<i>Trema micrantha</i>	a/A	–	–	–	–	–	–	1,2	–	2,0	–	–	–	–
<b>Vitaceae</b>														
<i>Cissus</i> sp.	h	–	1,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<b>Índice de cobertura total</b>		338	416	235	304	325	130	550	319	375	525	620	238	538
<b>Total de famílias</b>		16	14	7	7	8	3	15	8	12	4	10	13	7
<b>Total de espécies</b>		35	32	8	13	12	4	48	10	24	5	13	32	9

As leguminosas compõem um meio eficiente de acumulação de nitrogênio em áreas degradadas (Skeffington & Bradshaw, 1980), associando-se a bactérias especializadas, sendo tal nutriente considerado por Marrs et al. (1980) o mais limitante para o sucesso da recuperação. Já as poáceas (ou gramíneas), também com possibilidades de associações com bactérias e fungos micorrízicos, possuem rápido crescimento, com emissão de perfilhos, resultando em boa cobertura do solo, embora também possam prejudicar o estabelecimento de outras plantas (Miranda, 1994). No entanto, segundo Brierley (1955), elas são responsáveis pelo teor de matéria orgânica no solo, beneficiando espécies arbustivas e arbóreas que se estabelecem na seqüência. Assim, gramíneas são utilizadas como estágio inicial na contenção de dunas nos Estados Unidos e na Austrália, com inserção posterior de leguminosas e, em uma fase final, arbustos e árvores (Fox, 1984). Em aluviões diamantíferos minerados no Alto Jequitinhonha, Melo (1984) utilizou gramíneas e leguminosas (nativas e exóticas) e obteve resultados satisfatórios na melhoria das condições físico-químicas dos solos degradados.

Algumas espécies encontradas no levantamento são plantadas: *Anacardium occidentale*, *Tabebuia roseoalba*, *Cecropia peltata*, *Bowdichia virgilioides*, *Cassia* sp., *Clitoria fairchildiana*, *Ormosia* sp., *Mimosa caesalpiniaefolia*, *Mimosa* sp.1, *Eugenia insipida*, *Pennisetum purpureum*, *Sporobolus virginicus*, *Guettarda platypoda* e *Tocoyena selloana*; outras apenas introduzidas experimentalmente em pequenas áreas nos

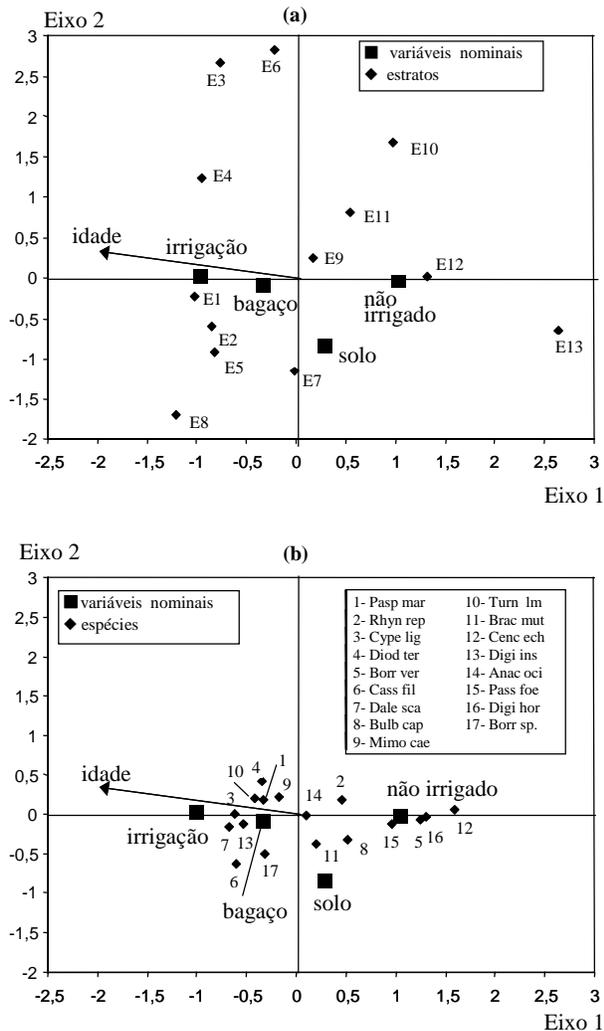
estratos 1 e 6, apresentando ocorrência espontânea nas demais áreas: *Ipomoea pes-caprae*, *Canavalia brasiliensis*, *Cynodon dactylon*, *Brachiaria humidicola* e *Paspalum maritimum*. Todas as demais ocorrem naturalmente nas dunas em recuperação. Destas, 13 correspondem a espécies inventariadas por Oliveira-Filho (1993) e 27 por Oliveira-Filho & Carvalho (1993) neste mesmo local, antes da mineração, correspondendo a espécies autóctones com sucesso na colonização. Do mesmo modo, dez espécies são coincidentes com o inventário feito por Andrade Lima (1960) nas restingas de Pernambuco. Dentre as alóctones, *Mimosa caesalpiniaefolia*, do semi-árido nordestino, destaca-se pelos altos valores de IC, sendo importante devido à deciduidade de suas folhas, que, segundo Costa et al. (1997), chegam a contribuir com 6.900 kg/ha/ano da serrapilheira, constituindo-se na principal via de entrada de nutrientes no solo.

Os resultados da CCA encontram-se no Quadro 3 e na Figura 1. Os autovalores (*eigenvalues*) para os quatro primeiros eixos de ordenação foram 0,348, 0,069, 0,046 e 0,038. Sendo baixos, indicam gradientes curtos (Ter Braak, 1995), ou seja, com pouca substituição de espécies e mais variações nas abundâncias relativas. As porcentagens de variância acumuladas pelos eixos para os dados de espécies também foram baixas: 32,4, 38,8, 43,1 e 46,7%, o que significa que a ordenação deixou uma considerável variância remanescente (ruído) sem explicação. Todavia, Ter Braak (1988) ressalta que valores assim são normais em dados vegetacionais, não prejudicando a

**Quadro 3** – Análise de correspondência canônica (CCA): matriz de correlações ponderadas entre os dois primeiros eixos de espécies e os eixos ambientais e destes com as variáveis ambientais. Os fatores balanceados por área de amostragem são as abundâncias das 17 espécies com IC  $\geq$  5% e as variáveis ambientais padronizadas pela média igual a zero e variância igual a unidade

**Table 3** – Canonical Correspondence Analysis (CCA): matrix of weighted correlations between the first two ordination axes for species and environmental variables. The weighted factors per sample unit are the abundances of the 17 species with cover value  $\geq$  5% and the environmental variables standardized to zero mean and unit variance

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Eixo 1 de espécies	1,000								
2. Eixo 2 de espécies	0,026	1,000							
3. Eixo 1 do ambiente	0,914	0,000	1,000						
4. Eixo 2 do ambiente	0,000	0,801	0,000	1,000					
5. Idade	-0,894	0,101	-0,979	0,126	1,000				
6. Irrigado	-0,456	0,013	-0,500	0,016	0,481	1,000			
7. Não-irrigado	0,456	-0,013	0,500	-0,016	-0,481	-1,000	1,000		
8. Presença de bagaço	-0,233	-0,040	-0,255	-0,050	0,089	0,010	-0,010	1,000	
9. Presença de solo	0,277	-0,759	0,303	-0,948	-0,429	-0,207	0,207	0,057	1,000



**Figura 1** – Diagramas de ordenação obtidos por análise de correspondência canônica dos 13 estratos (E1 a E13) (a) e das 17 espécies com IC  $\geq$  5% (b). As espécies são identificadas por seus nomes abreviados, encontrando-se os nomes completos no Quadro 2. As escalas de ambos os gráficos são coincidentes. Variáveis ambientais contínuas são representadas por setas e nominais por centróides.

**Figure 1** – Ordination diagrams extracted by canonical correspondence analysis of the 13 strata (E1 to E13) (a) and the 17 species with cover value  $\geq$  5% (b). The species are identified by abbreviations; full names in Table 2. The scales of both diagrams are coincident. Continuous and nominal (dummy) environmental variables are represented by arrows and centroids, respectively.

significância das relações espécie-ambiente. Desta forma, verifica-se que a CCA produziu valores altos tanto para

as correlações espécie-ambiente (0,913, 0,801, 0,779 e 0,681) como para as respectivas percentagens cumulativas de variância (69,4, 83,2, 92,3 e 100%). Além disto, o teste de permutação de Monte Carlo indicou uma correlação significativa entre a presença das espécies nas áreas e as variáveis ambientais utilizadas ( $F = 3,83$ ,  $P < 0,01$ , primeiro eixo de ordenação;  $F = 1,75$ ,  $P < 0,01$ , teste global). O primeiro eixo de ordenação, responsável pela maior parte da variância encontrada, correlacionou-se principalmente com a variável “idade” (-0,979), tendo as demais variáveis apresentado menores correlações: “não-irrigado” (0,500), “irrigado” (-0,500), “bagaço” (-0,255) e “solo” (0,303). No segundo eixo canônico, o “solo” foi o fator mais importante (-0,948), e as demais variáveis apresentaram baixíssimas correlações.

O diagrama dos estratos (Figura 1a) mostra no primeiro eixo a separação das áreas mais antigas (E1 a E8), à esquerda, e das áreas mais novas (E9 a E13), à direita. As áreas irrigadas mesclaram-se às não-irrigadas e a presença de solo de mata ou de bagaço de cana não resultou em uma diferenciação de posicionamento entre estratos. A correlação do “solo” com o segundo eixo é verificada pela tendência de agrupamento dos estratos que possuem este componente na parte inferior central do diagrama. A força das demais variáveis não foi traduzida por qualquer padrão comportamental no segundo eixo.

A irrigação favoreceu o maior número de espécies e famílias (Quadro 2), porém não parece ter influenciado a cobertura, conforme a CCA (Figura 1), não ocorrendo diferenças significativas nem nas menores idades, quando normalmente espera-se a maior influência no estabelecimento das espécies. Observa-se que a prática da irrigação tem criado uma artificialidade no ambiente das dunas, ocorrendo espécies características das várzeas da região: *Cecropia peltata* e *Calophyllum brasiliensis* constatadas por Carvalho & Oliveira-Filho (1993), *Inga barbata* por Santos (1996) e *Paspalum* sp. neste estudo.

A adição de substratos orgânicos, como o bagaço de cana, é relatada como efetiva na retenção de umidade (Barbosa, 1978; Vitorino, 1986; Barroso, 1994) e potencializada em associação com solo de mata, favorecendo o desenvolvimento da vegetação (Barroso, 1994). No entanto, tal efeito não foi verificado neste trabalho, observando-se que a adição de bagaço em áreas irrigadas gerou um “acomodamento” dos sistemas radiculares, ficando aí concentrados e fenecendo após a supressão da irrigação.

Constatou-se que a adição de solo de mata favoreceu o desenvolvimento da vegetação. Esta prática é uma das mais recomendadas para a reabilitação de solos degradados (Bradshaw & Chadwick, 1980; Scanlon & Martnick, 1986; Unwin & Cook, 1986; Barth, 1989; Ibama, 1990; Gitt & Dollhopf, 1991; Gonçalves et al., 1991; Ibram, 1992), pois influi nas características físicas, químicas e biológicas dos substratos, promovendo o aumento do poder de retenção de umidade e a melhoria da textura e servindo como banco de sementes e fonte de microrganismos (Schuman & Powel, 1981). Miranda (1994) já tinha constatado, nesta área, que a prática incrementava o banco de sementes, com evolução da matéria seca e número de plantas a partir da deposição sobre as dunas.

Na distribuição das espécies (Figura 1b) verifica-se a maior correlação, embora baixa, com o primeiro eixo de ordenação, ou seja, com a “idade”. As espécies preferenciais de áreas mais novas foram: *Cenchrus echinatus*, *Digitaria horizontalis*, *Borreria verticillata*; e, em menor grau, *Passiflora foetida*. Preferências por áreas mais antigas não foram detectadas, assim como não foram observadas correlações claras com os demais fatores. A CCA fortaleceu a sugestão de Miranda (1994), para o qual *Cenchrus echinatus* e *Digitaria horizontalis* comporiam os primeiros estádios sucessionais, sendo sucedidas por outras espécies como *Rhynchelytrum repens*, cujo índice de cobertura é sensivelmente elevado em áreas com mais de um ano de recuperação. Após esta fase inicial, há um aumento considerável no número de espécies colonizadoras, não sendo possível notar, no presente estudo, espécies preferenciais.

#### 4. CONCLUSÕES

As dunas de rejeito encontram-se em processo de enriquecimento de espécies, onde se destacam as famílias Leguminosae, eficiente fixadora de nitrogênio (elemento limitante em áreas degradadas), e Poaceae, família com alta possibilidade de associações com bactérias e fungos micorrízicos e importante no aporte de matéria orgânica e melhoria físico-química no solo. A recolonização exhibe sucessos de espécies autóctones e alóctones à área estudada. Dentre as últimas, destaca-se em cobertura a leguminosa *Mimosa caesalpiniaefolia*, do semi-árido nordestino, cuja deciduidade representa importante via de incorporação de nutrientes no solo. Os primeiros estádios sucessionais apontam espécies preferenciais, como *Cenchrus echinatus* e *Digitaria horizontalis*, sucedidas

por outras como *Rhynchelytrum repens*, cuja cobertura se eleva nas áreas com mais de um ano em recuperação. Em seguida, há um aumento considerável de espécies colonizadoras, não sendo ainda possível notar espécies preferenciais.

Os estratos analisados, correspondentes às diferentes estratégias de manejo utilizadas para recuperação da área, não exibem grandes diferenças em seu conteúdo de espécies, mas sim variações nas suas abundâncias relativas. Estas diferenças se devem principalmente ao tempo de recuperação de cada área, seguido do uso de solo de mata proveniente do decapeamento pré-exploratório da área, estando estes positivamente correlacionados ao desenvolvimento da vegetação e recuperação da área. A irrigação e a adição de bagaço de cana não contribuíram para este desenvolvimento, não resultando em nenhuma diferença entre os estratos. A irrigação, embora não tenha influenciado a cobertura vegetal, favoreceu o maior número de espécies. Porém, criou uma artificialidade no ambiente das dunas, levando à ocorrência de espécies características de várzeas da região, que desapareceram com a supressão da irrigação. Do mesmo modo, o bagaço de cana nas áreas irrigadas, eficiente na retenção de umidade, gerou um “acomodamento” dos sistemas radiculares, que também não resistiram à supressão da irrigação. Estas duas práticas de manejo mostraram-se insustentáveis e, portanto, ineficazes para a real reabilitação das dunas.

#### 5. AGRADECIMENTOS

À CAPES, pela bolsa de pós-graduação concedida ao primeiro autor, e à Millennium Inorganic Chemicals do Brasil S.A., pelo apoio operacional.

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE LIMA, D. Estudos fitogeográficos de Pernambuco. *Arquivos do Instituto de Pesquisas Agronômicas*, v. 5, n. 1, p. 305-341, 1960.
- BARBOSA, R. O. **Retenção de água de um perfil alfissol do município de Lavras - MG.** 1978. 103 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agromia de Lavras, Lavras, 1978.
- BARROSO, D. G. **Estudo de alguns atributos químicos e físicos dos substratos utilizados no processo de estabilização de dunas de rejeito resultantes de exploração mineral.** 1994. 58 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1994.

- BARTH, R. C. **Avaliação da recuperação de áreas mineradas no Brasil**. Viçosa: UFV, 1989. 41 p. (Boletim Técnico SIF, 1).
- BITTENCOURT, A. C. S. P. Sedimentação recente na costa atlântica de Salvador. **Revista Brasileira de Geociência**, v. 5, p. 46-63, 1975.
- BRADSHAW, A. D.; CHADWICK, M. J. **The ecology and reclamation derelict and degraded land**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1980. 289 p.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL, folhas SB. 24/25- Jaguaribe/ Natal, geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro: 1981. v. 21, 479 p.
- BRIERLEY, J. K. Some preliminary observations on the ecology of pit heaps. **Journal of Ecology**, v. 46, n. 3, p. 383-390, 1955.
- CARVALHO, D. A.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Avaliação da recomposição da cobertura vegetal de dunas de rejeito de mineração, em Mataraca/PB. **Acta Botânica Brasileira**, v. 7, n. 2, p. 107-117, 1993.
- CAUSTON, D. R. **An introduction to vegetation analysis, principles and interpretation**. London: Unwin Hyman, 1988. 342 p.
- COCKAINE, L. Tussock grassland investigation in New Zealand. In: TANSLEY, A. G.; CHIPP, T. F. (Eds.). **Aims and methods in the study of vegetation**. London: Crown, 1926. p. 349-361.
- COSTA, G. S.; ANDRADE, A. G.; FARIA, S. M. Aporte de nutrientes pela serrapilheira de *Mimosa caesalpiniaefolia* (sabiá) com seis anos de idade. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 1997, Ouro Preto. **Trabalhos voluntários...** Viçosa: SOBRAGE; UFV/DPS/DEF, 1997. p. 344-354.
- FARMER JUNIOR, R. E.; CUNNINGHAM, M.; BARNHILL, M. A. First-year development of plant communities originating from forest topsoils placed on Southern Appalachian mine soils. **Journal of Applied Ecology**, v. 19, n. 3, p. 283-294, 1982.
- FONSECA, F. Os efeitos da mineração sobre o meio ambiente. **Brasil Mineral**, v. 7, p. 74-80, 1989.
- FOX, I. E. Rehabilitation of mined lands. **Forestry Abstracts**, v. 45, n. 9, p. 565-600, 1984.
- DYGBY, P. G. N.; KEMPTON, R. A. **Multivariate analysis of ecology communities**. London: Chapman & Hall, 1996. 206 p. (Population in Community Biology Series).
- GAUCH, H. G. **Multivariate analysis in community ecology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1982. 298 p.
- GITT, M. J.; DOLLHOPF, D. J. Cool waste reclamation using automated weathering to predict lime requirement. **Journal of Environmental Quality**, v. 20, n. 1, p. 1-316, 1991.
- GONÇALVES, J. C.; CERVENCA, C. J.; TOLEDO, A. E. P. Recuperação de áreas degradadas. In: WORKSHOP SOBRE ÁREAS DEGRADADAS, 1., Itaguaí, 1990. **Anais...** Itaguaí: UFRJ, 1991. p. 89-94.
- GOODALL, D. W. Some considerations in the use of point quadrats for the analysis of vegetation. **Australian Journal of Scientific Research**, v. 5, p. 1-41, 1952.
- GRIFFITH, J.J. O estado da arte de recuperação de áreas mineradas no Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1., 1992, Curitiba. **Anais ...** Curitiba: FUPEF, 1992. p. 77-82.
- GRIFFITH, J. J.; DIAS, L. E.; JUCKSCH, I. Novas estratégias ecológicas para a revegetação de áreas mineradas no Brasil. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1., SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2., Foz do Iguaçu, 1994. **Anais ...** Curitiba: FUPEF, 1994. p. 31-43.
- HOPE, A. C. A. A simplified Monte Carlo significance test procedure. **Journal Royal Statistical Society. Series B**, v. 30, p. 582-598, 1968.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO – JBM. **Mineração e meio ambiente**. Brasília: 1992. 111 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação**. Brasília: 1990. 95 p.
- JOLY, A. B. **Conheça a vegetação brasileira**. São Paulo: USP, 1970. 181 p.
- KENT, M.; COKER, P. **Vegetation description and analysis: a practical approach**. London: Belhaven, 1992. 363 p.
- KUHLMANN, E. Vegetação. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geografia do Brasil; região Nordeste**. Rio de Janeiro, 1977. p. 85-110.

- LEVY, E. B.; MADDEN, E. A. The point method of pasture analysis. **New Zealand Journal of Agriculture**, v. 46, n. 5, p. 267-179, 1933.
- LIMA, W. P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. São Paulo: Escola Superior de Agricultura "Luís de Queirós", 1986. 242 p.
- MABESOONE, J. M.; CASTRO, C. Desenvolvimento geomorfológico do Nordeste Brasileiro. **Boletim do Núcleo Nordestino da Sociedade Brasileira de Geologia**, v. 3, p. 5-35, 1975.
- MANTOVANI, W. **Análise florística e fitossociológica do estrato herbáceo-subarbustivo do cerrado na reserva biológica de Mogi Guaçu e em Itirapina, SP**. 1987. 166 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade de Campinas, Campinas, 1987.
- MARRS, R. H.; ROBERTS, R. D.; BRADSHAW, A. D. Ecosystem development on reclaimed china clay wastes. **Journal of Applied Ecology**, v. 17, p. 709-717, 1980.
- MATTEUCCI, S. D.; COLMA, A. **Metodologia para el estudio de la vegetacion**. Washington: OEA, 1982. 168 p. (Série de Biologia, Monografia, 22).
- MAUN, M. A.; KRAJNYK, I. Stabilization of Great Lake (USA, Canadá) sand dunes; effect of planting time, mulches and fertilizer on seedling establishment. **Journal of Coastal Research**, v. 5, n. 4, p. 791-800, 1989.
- MELO, J. C. Recuperação ambiental em aluviões minerados no Alto Jequitinhonha - Mineração Tejucana S.A. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TÉCNICAS EXPLORATÓRIAS APLICADAS À GEOLOGIA, 1984, Salvador. **Anais...** Salvador: DNPM, 1984. p. 56-70.
- MIRANDA, R. U. **Vegetação e banco de sementes em dunas de rejeito de mineração de ilmenita, no litoral norte do estado da Paraíba**. 1994. 71 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1994.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T. Gradient analysis of an area of coastal vegetation in the state of Paraíba, Northeastern of Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 50, n. 2, p. 217-236, 1993.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; CARVALHO, D. A. Florística e fisionomia da vegetação no extremo norte do litoral da Paraíba. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 16, n. 1, p. 115-130, 1993.
- ROSADO, S. C.; SANTOS, M.; ORLANDINI, L. **Monitoramento da evolução e auto-sustentabilidade de dunas em reabilitação**. Lavras: UFLA/DCF, 1996. 58 p. (Relatório Técnico 1/96).
- SANTOS, M. **Avaliação da recomposição da cobertura vegetal de dunas em recuperação e sua interrelação com as propriedades físicas, químicas, bioquímicas e microbiológicas do solo**. 1996. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1986.
- SCANLON, T. J.; MARTNICK, W. G. Environmental planning for mining of Cable Sands Minniput deposit, Western Australia. In: THE AUSIMM PERTH BRANCH, AUSTRALIA; A WORLD SOURCE OF ILMENITE, RUTILE, MONAZITE AND ZIRCON, 1986, Perth. **Conference...** Perth: P.B., 1986. p. 211-213.
- SCHUMAN, G. E.; POWEL, J. F. Topsoil management on mined lands. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 36, n. 2, p. 77-78, 1981.
- SEAKER, E. M.; SOPPER, W. E. Municipal sludge for minespoil reclamation. II: effects on organic matter. **Journal of Environmental Quality**, v. 17, n. 1, p. 598-602, 1988.
- SILVA, G. P. **Caracterização química, física e mineralógica de materiais provenientes da mineração de ferro e comportamento de plantas para sua revegetação**. 1994. 76 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.
- SILVA, K. E. **Avaliação química e física para a revegetação de um rejeito de mineração de ferro**. 1993. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.
- SKEFFINGTON, R. A.; BRADSHAW, A. D. Nitrogen fixation by plants grown on reclaimed china clay wastes. **Journal of Applied Ecology**, v. 17, p. 469-477, 1980.
- TER BRAAK, C. J. F. Ordination. In: JONGMAN, R. H. G.; TER BRAAK, C. J. F.; van TONGEREN, O. F. R. **Data analysis in community and landscape ecology**. Cambridge: Cambridge University, 1995. p. 91-173.
- TER BRAAK, C. J. F. **CANOCO - a FORTRAN program for canonical community ordination by (partial) (detrended) (canonical) correspondence analysis, principal components analysis and redundancy analysis (Version 2.1)**. Wageningen: Institute of Applied Computer Science, 1988. 95 p. (Technical Report LWA-88-02, TNO).

TER BRAAK, C. J. F. The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. **Vegetatio**, v. 69, p. 69-77, 1987.

TER BRAAK, C. J. F. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. **Ecology**, v. 67, p. 1167-1179, 1986.

UNWIN, G. L.; COOK, J. B. Rehabilitation and environmental matters affecting mineral sands mining in New South Wales, Australia. In: THE AUSIMM PERTH BRANCH, AUSTRALIA; A WORLD SOURCE OF ILMENITE, RUTILE, MONAZITE AND ZIRCON, 1986, Perth. **Conference...** Perth: P.B., 1986. p. 179-190.

VASCONCELOS, A. N. et al. Projeto piloto de recuperação de uma cascalheira na estação ecológica do jardim botânico de Brasília. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 1997, Ouro Preto. **Trabalhos voluntários...** Viçosa: SOBRADÉ; UFV/DPS/DEF, 1997. p. 105-109.

VITORINO, A. C. T. **Caracterização e interpretação para uso agrícola, de solos de terraço fluvial, no médio Rio Doce, município de Córrego Novo - MG.** 1986. 95 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986.