

A fitossociologia para recuperar área de lavra

Jackeline Salazar Lorenzo¹
James Jackson Griffith²
Ivo Jucksch³
Agostinho Lopes de Souza²
Maria das Graças Ferreira Reis²
Antônio Bartolomeu do Vale²

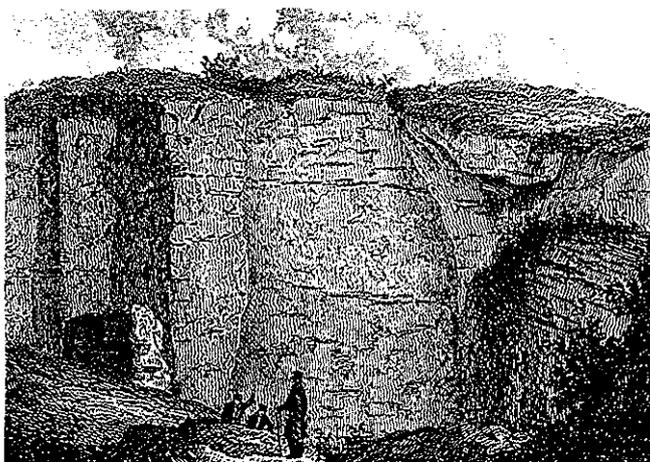
RESUMO - Neste trabalho, foram estudadas espécies lenhosas que se regeneraram naturalmente numa área de mineração de bauxita no cerrado de Minas Gerais, abandonada há 50 anos. O estudo visou a análise do comportamento da vegetação em relação às mudanças nas características do solo, causadas pela mineração. No local não-explorado, o solo apresentou textura argilosa; nos locais com mineração, textura franco-argilo-arenosa. As características químicas do solo também foram modificadas, principalmente quanto ao alumínio trocável (Al^{3+}), com valores bastante menores nos locais com mineração. Nesses locais, a família com maior índice do valor de importância foi a *Melastomataceae*; nos locais sem mineração, foi a *Compositae*.

Palavras-chave: Regeneração natural, ecologia da recuperação de áreas de mineração, bauxita, fitossociologia, cerrado, relação solo-planta, análise de impacto ambiental.

ABSTRACT - This study analyzed natural regeneration on bauxite mined land to learn how mining affects woody plant communities and to identify appropriate species for site rehabilitation. The site chosen in Poços de Caldas, Minas Gerais State, had last been mined 50 years ago, by hand. Three site conditions were studied: heavily mined, lightly mined, and adjacent unmined terrain. Mined plots were found to have soils of sandy clay loam texture; unmined soils have clayey texture. Chemical properties also differ, especially aluminum (Al^{3+}), which is much lower in mined plots. Woody species show more exuberance on heavily mined sites with family *Melastomataceae* showing the highest importance value index; family *Compositae* was highest on unmined plots.

Key-words: Natural regeneration, ecology of mining rehabilitation, bauxite, phytosociology, soil-plant relations, environmental impact analysis.

Após muitos anos de atividades no Brasil, as companhias de mineração iniciaram, na década de 80, o desenvolvimento de técnicas de recuperação de áreas degradadas pela extração de minérios (BARTH, 1989; WILLIAMS *et alii*, 1990; GRIFFITH, 1992). Ficou evidente que estudos fitossociológicos podem contribuir, consideravelmente, para a reabilitação das áreas que sofreram mineração. Descobrimos que as plantas se regeneram naturalmente num local degradado, pode-se reduzir ao mínimo os efeitos sobre o solo e aumentar o processo natural de sua recuperação.



Todavia, é difícil encontrar meios adequados de recuperação, dada a falta de estudos sobre regeneração natural de áreas degradadas. Há poucas pesquisas em regiões tropicais e semitropicais, especialmente em condições de cerrado, uma região fitogeográfica de grande importância ambiental (GUERRERO & VILELA, 1992). Além disso, existem poucas áreas no Brasil com suficiente tempo de regeneração natural, que não tenham sofrido distúrbios após o término da mineração, e que permitam a realização de tais estudos.

Uma dessas áreas é a mina de bauxita denominada Campo do Saco, localizada no município de Poços de Caldas, Sul do Estado de Minas Gerais, que proporcionou um estudo sobre a regeneração de espécies lenhosas.

1 - Depto. de Médio Ambiente, Oficina Nacional de Planificación, Apartado 20200, Santo Domingo - República Dominicana.

2 - Depto. de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG - Brasil.

3 - Depto. de Solos da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG - Brasil.

Essa mina iniciou a produção no princípio da década de 30, e sua exploração, com pás e picaretas, continuou até a década de 40, quando foi abandonada, sem projeto de recuperação. Apesar desse abandono geral, outro proprietário, hoje a Alcoa Alumínio S.A., abria periodicamente, até 1971, pequenas escavações como parte de sua obrigação legal de manter a mina. Ainda permanecem na área quantidades consideráveis do minério.

Com o objetivo de reabrir a mina em 1991, a Alcoa resolveu fazer um pré-planejamento-modelo de recuperação conservacionista do Campo do Saco. Exigiu, dentre outros, um estudo fitossociológico da vegetação já existente na área e previsão de impactos da reabertura da mina sobre as comunidades de plantas. O objetivo do presente trabalho é analisar o comportamento dessa vegetação em relação às mudanças das características do solo, causadas pela mineração. O estudo foi realizado pelo Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, em conjunto com a Alcoa (LORENZO, 1991).

Vários autores descreveram os efeitos da mineração sobre o solo em regiões temperadas. Mudanças nas comunidades estabelecidas naturalmente em áreas de mineração abandonadas têm sido relatadas por diferentes pesquisadores (JOHNSON *et alii*, 1982; MANNER *et alii*, 1984; SMITH *et alii*, 1988). Um dos poucos estudos sobre regeneração natural tropical em locais abandonados, após o término das atividades de mineração, foi o de PALANIAPPAN (1974), realizado em minas de cassiterita, na Malásia. No Brasil já existem vários estudos fitossociológicos visando a análise do impacto ambiental causado pela construção de barragens hidrelétricas (KAGEYAMA *et alii*, 1992; SOUZA *et alii*, 1993).

Em geral, estes e outros estudos indicam que, com relação à mina Campo do Saco, as seguintes hipóteses podem ser aventadas do ponto de vista técnico:

- a) A degradação causada pelas atividades de exploração teria alterado substancialmente a vegetação nos locais que sofreram mineração, em comparação com a vegetação original. Em geral, a mineração piora as condições biológicas do crescimento de plantas nos locais afetados, empobrecendo o valor paisagístico desses sítios. Não obstante, a mineração em Poços de Caldas não conduz, necessariamente, a resultado tão nocivo. Sabe-se que, na região, os locais ricos em minério de bauxita eram cobertos, antes da exploração, por uma vegetação original rala.
- b) As características do solo deixadas pela atividade mineradora, deveriam explicar, em grande parte, as características das plantas encontradas nos locais de mineração. Neste estudo, esta relação teria de ser compreendida, provavelmente, no contexto das condições do solo do cerrado, região fitogeográfica onde se localiza, marginalmente, o Campo do Saco.
- c) Haveria, provavelmente, nos locais de mineração, uma sucessão natural em andamento, mas não se sabe se 50 anos é tempo suficiente para o "reestabelecimento"

das comunidades ecológicas originais. Tampouco se sabe se um projeto conservacionista conseguiria lograr, mesmo a longo prazo, uma restauração biológica perfeita, em vista do grau da degradação verificada. Uma análise da regeneração que ocorreu naturalmente poderia revelar espécies promissoras para projetos de recuperação.

Materiais e Métodos

A área denominada Campo do Saco está localizada no Sul de Minas Gerais, Brasil, entre as coordenadas 21° 15' 20" de latitude sul e 46° 33' 55" de longitude oeste, em região caracterizada por clima mesotérmico brando sub-úmido, com dois meses secos. A precipitação média anual é de 1.722 mm, sendo janeiro o mês mais quente (média de 20,3° C) e o mais chuvoso (média de 297,21 mm); julho é o mês mais frio (13,6° C) e o de menor precipitação (25,7 mm). Podem ocorrer geadas no inverno.

Floresta subcaducifólia e savana gramíneo-lenhosa (BRASIL, 1993) representam a cobertura vegetal da região. Nos locais onde os solos são mais férteis, o estrato arbóreo alcança de 20 a 30 m de altura. As savanas ocorrem acima de 1.000 m e são cobertas de plantas herbáceas, porém, arbustos isolados também ocorrem. O Campo do Saco é um topo de morro coberto de vegetação campestre (PEREIRA, 1986), com altitude ao redor de 1.300 m.

A bauxita, em Poços de Caldas, ocorre nos espigões, concentrando-se na parte setentrional do planalto da região. O minério caracteriza-se por ser superficial e coberto por uma camada de solo, com profundidade média de 50 cm, apresentando alta concentração de bauxita, camada com profundidade média de 50 cm (DIAS, 1982).

Para a determinação da fitossociologia já existente na área e previsão dos impactos da reabertura da mina sobre as comunidades de plantas, foram necessárias três estratégias de estudo:

- a) Verificar a situação florística da área do Campo do Saco em que ainda não ocorre mineração, como ponto de referência para possível meta de futura recuperação com espécies originais.
- b) Comparar a situação das plantas nos locais anteriormente explorados com a das plantas em áreas não-perturbadas, como indicação das condições biológicas que serão deixadas, futuramente, pela reabertura da mina.
- c) Investigar como a intensidade de mineração afetaria as condições de regeneração das plantas. Para isso, seria necessário comparar a área já explorada de pequenas escavações remanescentes (até 95 m de comprimento por 2 m de profundidade) com áreas submetidas a grandes escavações (até 150 m de comprimento e 3,35 m de profundidade).

Para cumprir estes estudos, o Campo do Saco foi classificado em três tipos de locais: I - não-trabalhado (testemunha); II - de pequenas escavações anteriores; e

III - de grandes escavações anteriores. Da área total, o local I ocupa 2 ha; o II, 2,03 ha; e o III, 4,30 ha. Cada local foi dividido em quatro quadrantes, nos quais foram distribuídas, ao acaso, parcelas de 10 m x 8 m, que representam aproximadamente 2,5% da área de cada local.

As amostras do solo foram tomadas em diferentes locais, em quatro pontos diferentes e a seis profundidades: 0-5 cm, 5-15 cm, 15-40 cm, 40-60 cm, 60-80 cm e 80-100 cm. Foram feitas análises de textura, determinando-se as percentagens de areia, silte e argila. Ademais, foram determinados o pH em H₂O (1:2,5), os teores de fósforo (P) e de potássio (K) disponíveis, utilizando-se o extrator de Mehlich-1, os teores de cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺) e alumínio (Al³⁺) trocáveis, utilizando-se o extrator KCl 1N, para determinação da soma de bases (SB) e capacidade de troca catiônica efetiva (CTC).

A amostragem florística consistiu em identificar e contar as espécies lenhosas de cada parcela e medir a altura e a cobertura exercida por indivíduo. A cobertura (C_i) por espécie, foi medida por meio da expressão:

$$C_i = \left(\frac{L_1 + L_2}{4} \right) 2 \times \pi,$$

em que L₁ e L₂ são as linhas perpendiculares do comprimento e largura da copa.

Já a cobertura relativa (CR) foi estimada pela expressão:

$$CR = \frac{C_i}{CT} \times 100,$$

em que C_i é a cobertura exercida pela i-ésima espécie e CT é o somatório da cobertura de todas as espécies da área.

As estimativas dos parâmetros, por espécies, densidade (DA_i e DR_i) e frequência (FA_i e FR_i), foram obtidas mediante o emprego das seguintes expressões:

$$\text{Densidade Absoluta (DA}_i) = \frac{N_i}{A},$$

$$\text{Densidade Relativa (DR}_i) = \frac{DA_i}{\sum_{i=1}^p DA_i} \times 100,$$

$$\text{Frequência Absoluta (FA}_i) = \frac{U_i}{U_t} \times 100,$$

$$\text{Frequência Relativa (FR}_i) = \frac{FA_i}{\sum_{i=1}^p FA_i} \times 100,$$

em que:

N_i = Número de indivíduos amostrados da i-ésima espécie,

A = área amostrada, em hectares,

DA_i = Densidade absoluta da i-ésima espécie,

DR_i = Densidade relativa da i-ésima espécie,

U_i = Número de unidades amostrais em que a i-ésima espécie está presente,

U_t = Número total de unidades amostrais,

FA_i = Frequência absoluta da i-ésima espécie,

FR_i = Frequência relativa da i-ésima espécie, e

p = Número total de espécies amostradas na comunidade.

Usando essas estimativas, calculou-se a importância ecológica de cada espécie, indicada pelo índice do valor de importância (IVI) de Cottam e Curtis (MATTEUCCI & COLMA, 1982):

$$IVI_i = FR_i + DR_i + CR_i$$

Desta forma, torna-se possível entender melhor a dinâmica da sucessão ocorrida e sugerir as espécies pioneiras mais promissoras para cultivo.

Resultados

O trabalho de campo foi realizado durante o período de setembro a dezembro de 1989, seguido de análises das características edáficas e vegetativas dos locais.

Características Físicas e Químicas do Solo

Houve diferenças marcantes entre os solos de local não-trabalhado (I) e os de locais que sofreram mineração (II e III); porém existiu pouca diferença entre os dois últimos.

O solo no local não-trabalhado apresentou textura argilosa, enquanto os de locais de mineração exibiram, geralmente, textura franco-argilo-arenosa (Tabela 1). Segundo ALMEIDA (1977), o confinamento da drenagem pela topografia contribui para a formação de camada argilosa (solo argiloso) em jazidas desse tipo, a qual acaba sendo removida junto com o minério.

Em termos de acidez (Figura 1a), os solos de áreas não exploradas apresentaram condições mais adversas, com pH variando de 4,8 a 5,3, enquanto os solos de áreas com mineração exibiram pH entre 5,0 a 5,3, nas pequenas escavações, e entre 4,9 e 5,6, nas grandes escavações. Nos três tipos de locais, o pH aumentou ligeiramente com a profundidade da amostra.

Os resultados da análise da capacidade de troca catiônica efetiva (CTC) indicaram, também, condições mais adversas no local não-explorado (Figura 1b). Os valores variaram de 0,08 a 2,63 nesse local, de 0,05 a 1,75 no local de pequenas escavações e de 0,02 a 1,24 nas

Tabela 1 - Valores das características físicas do solo em diferentes profundidades, nos locais I (sem mineração), II (pequenas escavações) e III (grandes escavações).

Área	Profundidade do Solo (cm)	Característica Física			
		Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Classe Textural
I (Sem Mineração)	0-5	19,30	28,00	52,70	Argiloso
	5-15	19,70	21,50	58,80	Argiloso
	15-40	22,80	17,30	59,90	Argiloso
	40-60	12,60	18,30	69,10	Muito Argiloso
	60-80	14,80	14,20	71,00	Muito Argiloso
	80-100	22,80	16,80	60,40	Muito Argiloso
II (Pequenas Escavações)	0-5	60,80	15,80	23,50	FAA
	5-15	54,80	14,50	30,80	FAA
	15-40	39,80	13,30	46,90	Argilo arenoso
	40-60	56,25	8,25	35,50	Argilo arenoso
	60-80	52,80	11,50	35,70	Franco arenoso
	80-100	63,00	10,70	26,30	Franco arenoso
III (Grandes Escavações)	0-5	52,75	24,00	23,25	FAA
	5-15	59,50	13,50	27,00	FAA
	15-40	44,75	15,75	39,50	Argilo arenoso
	40-60	50,75	10,25	39,00	Argilo arenoso
	60-80	59,00	11,00	30,00	FAA
	80-100	61,00	12,00	26,75	FAA

FAA = Franco-argilo-arenoso

grandes escavações. O valor da CTC quase sempre diminuiu com a profundidade da amostra, e os contrastes mais acentuados entre os três locais ocorreram na profundidade de 40-60 cm.

A relação entre a soma de bases (SB), nos três locais, seguiu também estas tendências (Figura 1c): o local sem mineração apresentou os maiores valores (0,03 a 1,79), seguido do local de pequenas escavações (0,05 a 1,52) e do de grandes escavações (0,02 a 1,24).

Mesmo sendo pouco, o P disponível no solo variou nas três situações (Figura 1d): 0,85 a 11,0 no local sem mineração; 2,45 a 16,4 nas pequenas escavações; e 1,65 a 15,8 nas grandes. A análise do alumínio (Al^{3+}) mostrou a maior diferença entre os locais com e sem mineração (Figura 1e). O último contém mais alumínio, que variou de 0,23 a 1,20 meq/100 cm^3 . Nas pequenas escavações, o teor de alumínio variou de 0 a 0,25 e, nas grandes, de 0 a 0,50.

Características da Vegetação

A Tabela 2 resume os dados sobre a vegetação. No local I, ou seja, sem mineração, encontraram-se espécies lenhosas de pequeno porte (média máxima de 0,59 m de altura), dispersas em meio a uma densa cobertura de gramíneas. Por outro lado, espécies lenhosas do local III, isto é, da área intensivamente explorada (grandes escavações), apresentaram maior densidade e altura média máxima de 1,25 m, espalhando-se sobre gramíneas esparsas e baixas. A vegetação que cobre as pequenas escavações (local II) apresentou parâmetros intermediários entre os locais não-explorado e de grandes escavações. É possível que a remoção das gramíneas -

fortes concorrentes no uso do espaço - tenha permitido o aparecimento das espécies lenhosas.

A Figura 2 ilustra o perfil geral da vegetação do Campo do Saco, em cada tipo de local. *Miconia ligustroides* Naud. (*Melastomataceae*) alcançou a maior altura (1,25 m) no local sem mineração; *Eupatorium vauthierianum* DC. (*Compositae*) teve a maior altura (3,0 m) nos locais de pequenas escavações; *Tibouchina* aff. *moriciandiana* Baill. (*Melastomataceae*) atingiu a maior altura (4,2 m) nos locais de grandes escavações.

Além de altura, houve outras diferenças importantes entre as espécies lenhosas, principalmente entre os locais com mineração e sem mineração. A Figura 3 mostra a distribuição, segundo a ordem do índice do valor de importância (IVI), das famílias botânicas encontradas em cada tipo de local. Foram também observadas diferenças nos parâmetros populacionais das principais espécies encontradas nos três tipos de locais (Tabela 3).

As espécies com maior índice do valor de importância no local sem mineração (Tabela 3) foram *Baccharis brevifolia* DC. (74,76), *Sapium marginatum* Muell. Arg. (26,57) e *Aegiphila tomentosa* Cham. (21,81). No local trabalhado com pequenas escavações, foram *Miconia ligustroides* Naud. (67,85), *Leandra lacunosa* Cogn. (49,73) e *Eupatorium squalidum* DC. (35,00). No local explorado com grandes escavações, foram *Tibouchina stenocarpa* Cogn. (78,06), *Leandra lacunosa* Cogn. (68,54) e *Miconia ligustroides* Naud. (46,45).

O alto valor de IVI de *Tibouchina stenocarpa* Cogn. em locais de mineração e sua ausência no local sem mineração (Figura 2) indicam que a ocorrência dessa espécie na

Figura 1 - Variação nas características químicas do solo em função da profundidade nos locais I (sem mineração) (X), II (pequenas escavações) (●) e III (grandes escavações) (■).

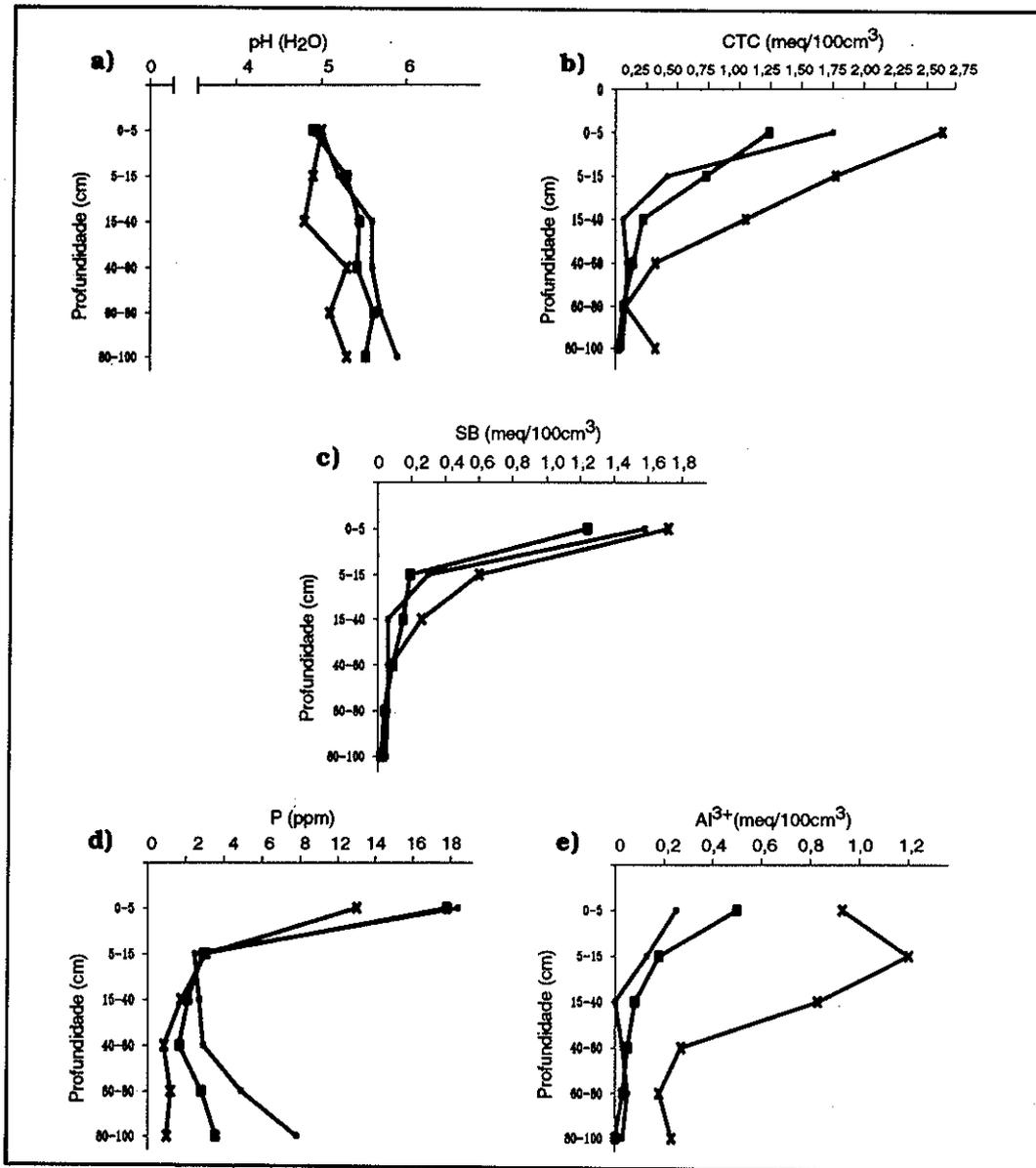
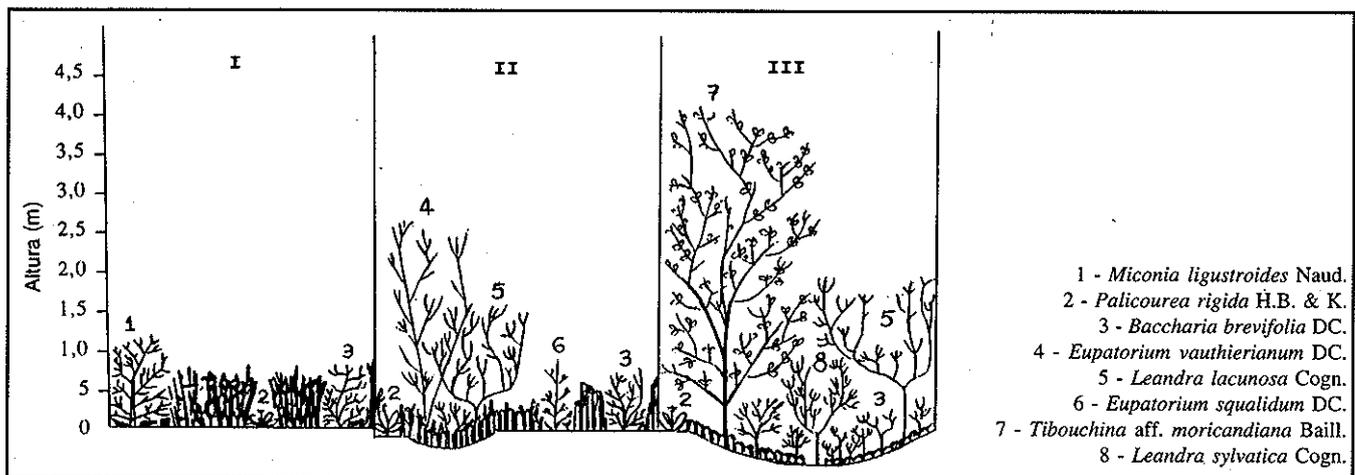


Figura 2 - Diagrama de perfil que representa o desenvolvimento da vegetação nos locais I (não minerado), II (pequenas escavações) e III (grandes escavações).



área estudada depende de drástica alteração no sítio. Não obstante, ela ocorre também em outros tipos de formações vegetais adjacentes, tais como as matas ciliares.

Encontraram-se relativamente poucas espécies comuns aos locais de mineração e sem mineração. Aquelas que se desenvolveram nos três tipos de locais, quase sempre apresentaram maiores valores fitossociológicos quando houve mineração. Apenas duas espécies apresentaram valores muito altos no local não-trabalhado: *Baccharis brevifolia* DC. e *Aegiphila tomentosa* Cham. Conclui-se que estas predominariam, provavelmente, nos estádios avançados da vegetação original de campo-cerrado.

A Vegetação em Relação ao Solo

O local sem mineração caracteriza-se por solos muito argilosos de acidez média, com níveis médios de Al^{3+} trocável e deficiência de P. Nesses solos, desenvolve-se uma formação de tipo campo-quase-limpo, cuja vegetação possui predominância de gramíneas densas, alcançando uma altura de 0,8 m. Algumas espécies lenhosas distribuídas em baixa densidade e cobertura, alcançando uma altura de 1,25 m, foram encontradas também nesses solos.

Os sítios explorados, por outro lado, têm solos de textura franco-argilo-arenosa, acidez média, níveis baixos de Al^{3+} trocável e deficiência de P. Com relação aos níveis de P, estes foram maiores no local sem mineração. As gramíneas do local de grandes escavações apresentaram níveis de densidade, cobertura e altura variando de baixo a médio. Porém, nos sítios com profundas escavações, as espécies lenhosas caracterizaram-se por alta densidade, cobertura média e alcançaram uma altura máxima de 4,20 m. Existem muito mais espécies no local de grandes escavações que no não-explorado.

DIAS (1982) relata que análises químicas do solo da região de Poços de Caldas mostraram, em geral, elevados níveis de acidez e de teores de Al^{3+} trocável. No caso do Campo do Saco, é provável que as escavações e os 50

anos transcorridos desde o término destas, tenham alterado essas características nos locais de mineração, provocando, conseqüentemente, mudanças no estabelecimento da vegetação. Além disso, as escavações fizeram com que a superfície do solo ficasse mais próxima do lençol freático, e as concavidades remanescentes viraram sítios de acúmulo de água e sedimentos, fatores que podem alterar também o comportamento vegetal.

O contraste provocado pela mineração, entre o campo-quase-limpo do local não-trabalhado e os locais trabalhados, com maior exuberância das espécies lenhosas e menor densidade de gramíneas, talvez corresponda a um gradiente natural da região. Segundo GOODLAND (1979), no cerrado ocorrem gradientes fisionômicos de xeromorfismo, aumentando essa adaptação funcional, desde o cerradão fechado até o campo-sujo. De acordo com a teoria do xeromorfismo proveniente da toxidez causada pelo alumínio, é possível que esses contrastes correspondam também à crescente saturação de alumínio e à deficiência de nutrientes no solo. Essa teoria, que é baseada em parte no trabalho de Arens sobre escleromorfismo oligotrófico, foi corroborada por dados obtidos em diferentes gradientes do cerrado da região do Triângulo Mineiro, em Minas Gerais (GOODLAND, 1979).

Se a mineração não tivesse sido realizada, seria difícil dizer, hoje, se as comunidades que atualmente recobrem o Campo do Saco lembrariam aquela vegetação original, da década de 30. Isso porque algumas características dos solos, a exemplo dos valores de pH, continuam semelhantes tanto nos locais que sofreram mineração quanto nos que não foram perturbados. A acidez, em si, não prejudica, necessariamente, o crescimento dos vegetais, porém, ela ocasiona a presença de elementos tóxicos, tal como o alumínio. Com a remoção antrópica do alumínio existente no minério de bauxita, é compreensível que houvesse, talvez, melhoria das condições no local mais intensivamente explorado.

Figura 3 - Distribuição, por ordem do índice de valor de importância (IVI), das famílias botânicas encontradas nos locais I (sem mineração), II (pequenas escavações) e III (grandes escavações).

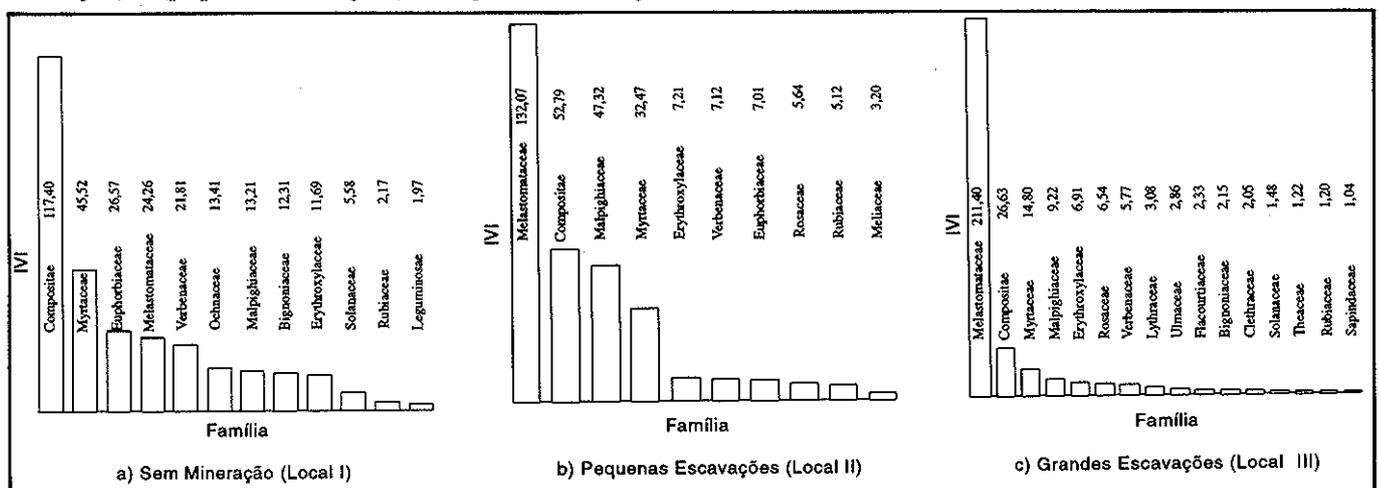


Tabela 2 - Dados gerais da vegetação (espécies lenhosas) encontradas nos locais I (sem mineração), II (pequenas escavações) e III (grandes escavações).

Local	Superfície de Amostragem Total (m ²)	Altura Média Máxima (m)	Número Total de Indivíduos	Número Total de Espécies	Cobertura Total (m ²)	Cobertura (m ²) (%)	Densidade Total (Indivíduos/m ²)
I	1.040	0,59	31,9	30	45,37	4,36	0,31
II	480	1,00	46,1	23	77,56	16,00	0,96
III	1.040	1,25	124,0	40	479,74	46,13	1,19

Tabela 3 - Algumas características populacionais das principais espécies encontradas em locais I (sem mineração), II (pequenas escavações) e III (grandes escavações).

Família/Espécie	H _{max} (m)I			CR _i (%)			FR _i (%)			DR _i (%)			IVI		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
BIGNONIACEAE <i>Jacaranda caroba</i> DC.	0,40	-	0,40	2,11	-	0,01	3,66	-	0,94	1,57	-	0,08	7,24	-	1,03
COMPOSITAE <i>Baccharis brevifolia</i> DC. <i>Kanimia oblongifolia</i> Baker <i>Eupatorium squalidum</i> DC. <i>Baccharis dracunculifolia</i> DC. <i>Eupatorium vaculhierianum</i> DC.	0,76 0,64 - 0,50 -	0,80 0,60 0,90 -	0,84 - 1,35 1,40 -	23,73 0,80 - 0,65 -	0,14 0,11 4,98 -	2,06 - 0,09 0,42 -	13,41 3,66 - 1,22 -	1,75 1,75 7,02 -	4,72 - 2,88 0,94 1,75	37,62 2,82 - 0,94 -	0,43 2,17 23,00 -	4,72 - 1,30 2,10 -	74,76 7,28 - 2,81 -	2,32 4,03 35,00 -	11,50 - 4,21 3,46 -
ERYTHROXYLACEAE <i>Erythroxylon suberosum</i> A. St. Hil.	0,60	2,10	2,75	1,19	1,33	2,08	2,44	1,75	3,77	0,63	1,09	1,05	4,26	4,17	6,91
EUPHORBIACEAE <i>Sapium marginatum</i> Muell. Arg.	1,10	1,70	-	13,64	0,88	-	8,54	5,26	-	4,39	0,87	-	26,57	7,01	-
MALPIGHIACEAE <i>Byrsonima intermedia</i> A.	0,64	0,82	0,80	7,60	4,07	1,24	3,66	8,77	6,60	2,19	2,32	1,37	13,45	15,66	9,22
MELASTOMATACEAE <i>Leandra lacunosa</i> Cogn. <i>Miconia ligustroides</i> Naud. <i>Tibouchina frigidula</i> Cogn. <i>Leandra sylvatica</i> Cogn. <i>Tibouchini</i> aff. <i>moricondiana</i> Baill. <i>Tibouchina stenocarpa</i> Cogn.	0,68 1,25 0,57 -	1,40 1,70 0,90 -	2,00 1,50 0,90 0,70 4,20 3,00	0,84 4,57 3,42 -	11,66 46,71 3,56 -	29,00 18,38 0,38 0,31 0,62 38,94	2,44 1,22 4,88 -	8,77 8,77 7,02 -	11,32 12,26 0,94 0,94 3,77 12,26	1,88 0,31 4,70 -	29,30 12,37 3,91 -	28,22 15,81 3,23 1,21 0,89 26,85	5,16 6,10 13,00 -	49,73 67,85 14,49 -	68,54 46,45 4,54 2,46 5,28 78,06
MYRTACEAE <i>Camponesia Ruiz & Pav. sp.</i> <i>Eugenia Mich. ex Linn. sp.</i> <i>Psidium cinereum</i> Mart. ex DC. <i>Psidium Linn. sp.</i> <i>Camponesia obscura</i> Berg <i>Pseudocaryophyllus acuminatus</i> (Link) Burret	0,30 - 0,92 0,30 0,41 0,25	0,59 0,40 - - 0,25 0,20	1,65 0,75 0,54 1,20 -	2,01 - 1,76 0,24 0,39 1,00	3,34 0,18 - - 0,28 0,20	0,42 0,49 0,02 0,12 - -	3,66 - 4,88 1,22 1,22 9,76	8,77 1,75 - - 8,77 5,26	1,90 2,83 0,94 1,90 -	1,57 - 1,25 0,31 1,25 5,64	1,74 0,22 - - 1,08 -	0,24 1,13 0,08 0,89 -	7,24 - 7,89 1,78 2,86 16,40	13,85 2,15 - - 10,13 6,33	2,54 4,45 1,04 2,90 - -
ROSACEAE <i>Bubus brasiliensis</i> Mart.	-	1,10	1,25	-	0,62	0,23	-	3,51	2,83	-	1,52	1,37	-	5,64	4,43
RUBIACEAE <i>Palicourea rigida</i> H.B. & K.	0,16	0,33	0,30	0,32	0,37	0,01	1,22	3,51	0,94	0,63	1,52	0,24	2,17	5,19	1,20
SOLANACEAE <i>Solanum Lycocarpum</i> A. St. Hil.	0,62	-	0,60	0,35	-	0,30	3,66	-	0,94	1,57	-	0,24	5,58	-	1,48
VERBENSCESE <i>Aegiphila Tomentosa</i> Cham.	0,76	0,50	0,80	8,71	1,03	0,70	2,44	1,75	0,94	10,66	4,34	1,21	21,81	7,12	2,86

Conclusões e Sugestões

Hoje, 50 anos após o término da mineração de bauxita, a vegetação do Campo do Saco apresenta três situações:

- a) em local não-trabalhado ocorre vegetação normal de campo-cerrado. Se tivessem prevalecido condições sem perturbação, esse padrão de vegetação cobriria, provavelmente, toda a área do estudo;
- b) em local intensamente trabalhado encontram-se espécies lenhosas visualmente mais exuberantes e densas. A regeneração natural de espécies lenhosas originou-se, em grande parte, da disseminação de outras formações vegetais adjacentes, tais como as matas ciliares, capoeiras e cerrados;
- c) em local ligeiramente explorado desenvolve-se vegetação com características intermediárias entre o local não-explorado e os intensivamente explorados.

A mineração afetou também a regeneração natural da vegetação, porque modificou as seguintes características edáficas:

- a) textura do substrato - solos originalmente muito argilosos antes da mineração deram lugar a solos de textura franco-argilo-arenosa;
- b) disponibilidade de umidade - a escavação deixou a superfície do solo mais próxima do lençol freático, e cavidades que acumulam água e sedimentos, quando chove.

Em geral, a vegetação dos locais explorados, mas abandonados, apresentou um visual mais exuberante que a do local sem mineração. Essa situação é excepcional, em razão da proximidade da escavação com o lençol

freático e das características do minério de bauxita.

Para fins do programa ambiental da mineradora, recomendam-se:

- 1) Objetivar a **reabilitação** do local e não a sua **restauração**. As alterações edáficas impossibilitam um retorno às condições originais de vegetação. Seria melhor "reestabelecer" condições para que as terras possam ser produtivas e sua vegetação auto-sustensável.
- 2) Experimentar o cultivo de *Tibouchina stenocarpa* Cogn., *Leandra lacunosa* Cogn. e outras espécies de *Melastomataceae*. Há evidências de que o plantio dessas espécies pioneiras pode acelerar o processo natural de regeneração do local.
- 3) Para disseminar essas espécies mais adaptadas, recorrer a várias fontes de sementes, tais como:
 - plantas que já se regeneram naturalmente na área;
 - faixas de matas ciliares e outras formações vegetais adjacentes à mina, preservadas para essa finalidade durante a mineração;
 - camada fértil do solo removida quando iniciada a mineração;
 - a fauna (especialmente aves e morcegos), que carrega as sementes para os locais degradados.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Alcoa Alumínio S.A., de Poços de Caldas, o apoio logístico para a realização deste trabalho, especialmente a Don Duane Williams, gerente de mineração. Agradecem também ao prof. Luiz Carlos Marangon, da Universidade Federal de Viçosa, pela ajuda na nomenclatura das espécies estudadas.

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, E. B. de. **Geology of the bauxite deposits of the Poços de Caldas District, State of Minas Gerais, Brazil**. Stanford, Stanford University, 1977. 273 p. (Tese Ph. D.).
- BARTH, R. C. **Avaliação de recuperação de áreas mineradas no Brasil**. Viçosa, Sociedade de Investigações Florestais, 1989, 41 p. (Boletim Técnico 1).
- BRASIL. FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de vegetação do Brasil**. Rio de Janeiro, IBGE, 1993.
- DIAS, A.C. **Reabilitação de áreas mineradas de bauxita em Poços de Caldas**. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE LAVRA A CÉU ABERTO, 1º. Belo Horizonte, 1982. *Anais*, s. 1., Instituto Brasileiro de Mineração, 1982. p. D2.1 - D2.11.
- GOODLAND, R. **Análise ecológica da vegetação do cerrado**. In: GOODLAND R. & FERRI, M. G. **Ecologia do cerrado**. Trad. Eugênio Amado. Belo Horizonte, Itatiaia, 1979. p. 61-161.
- GRIFFITH, J. J. **O estado da arte de recuperação de áreas mineradas no Brasil**. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1º. Curitiba, 1992. *Anais*, Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1993. p. 77-82.
- GUERRERO, J. S. J. & VILELA, M. de F. **Cerrado brasileiro: Potencial econômico, aspectos ambientais e geopolíticos**. Viçosa, Universidade Federal, 1992. 120 p. (Monografia).
- JOHNSON, F. L.; GIBSON, D. J.; RISSER, P. G. **Revegetation of unreclaimed coal strip-mines in Oklahoma: I, Vegetation structure and soil properties**. *Journal of Applied Ecology*, 19 (2): 453 - 463, 1982.
- KAGEYAMA, P. Y. & EQUIPE TÉCNICA DA CESP. **Recomposição da vegetação com espécies arbóreas nativas em reservatórios de usinas hidrelétricas da CESP**. Piracicaba, Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 1992. 43 p. (Série Técnica).
- LORENZO, J. S. **Regeneração natural de uma área minerada de bauxita em Poços de Caldas, Minas Gerais**. Viçosa, Universidade Federal. Departamento de Engenharia Florestal, 1991. 151 p. (Tese M. S.).
- MANNER, H. I. **Phosphate mining induced vegetation changes on Nauru Island**. *Ecology*, 65 (5): 1454-1465, 1984.
- MATTEUCCI, S. D. & COLMA, A. **Metodologia para el estudio de la vegetación**. Washington, Organización de Estados Americanos, 1982. 168 p. (Monografia 22).
- PALANIAPPAN, V. M. **Ecology of tin tailing areas: plant communities and**

their succession. *Journal of Applied Ecology*, 2 (1): 133-150, 1974.

PEREIRA, S. C. *Contribuição ao conhecimento das gramíneas do Município de Poços de Caldas - MG.* Campinas, UNICAMP, 1986. 516 p. (Tese D. S.).

SMITH, P. W.; DEPUIT, E. J.; RICHARDSON, B. Z. Plant community development on

petroleum drill sites in Northwestern Wyoming. *Journal of Range Management*, 41 (5): 372-377. 1988.

SOUZA, A. L. de; SILVA, A. F. da; NETO, J. A. A.; MARANGON, L. C.; MOTA, L. P.; MOTA, A. L. P. Estrutura fitossociológica das matas do Vale do Rio Araguari (Triângulo Mineiro) I - Mata do Vasco. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 44°. São Luiz, MA, 1993.

Sociedade Botânica do Brasil, *Resumos*, vol. 2, p. 485.

WILLIAMS, D. D.; BUGIN, A.; REIS, J. L. B. C. *Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação.* Brasília, Ministério do Interior, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1990, 96 p.

