

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**AVALIAÇÃO DA RECUPERAÇÃO DA CASCALHEIRA DO
AEROPORTO INTERNACIONAL DE BRASÍLIA
JUSCELINO KUBITSCHEK: ASPECTOS EDÁFICOS,
FLORÍSTICOS E ECOLÓGICOS.**

CRISTIANE DE QUEIROZ PINHEIRO

ORIENTADOR: RODRIGO STUDART CORRÊA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

Brasília, 21/02/2008

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

“AVALIAÇÃO DA RECUPERAÇÃO DA CASCALHEIRA DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE BRASÍLIA - JUSCELINO KUBITSCHEK: ASPECTOS EDÁFICOS, FLORÍSTICOS E ECOLÓGICOS”

CRISTIANE DE QUEIROZ PINHEIRO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.

APROVADA POR:

Rodrigo Studart Corrêa, Ph.D.

Departamento de Engenharia Florestal, UnB
(Orientador)

Aldicir Scariot, Ph.D.

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia - CENARGEN
(Examinador Interno)

Wenceslau J. Goedert, Ph.D.

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, UnB.
(Examinador Externo)

Mauro Eloi Nappo - D.Sc.

Departamento de Engenharia Florestal, UnB
(Suplente)

Brasília, 21 de fevereiro de 2008

FICHA CATALOGRÁFICA

PINHEIRO, CRISTIANE DE QUEIROZ

Avaliação da recuperação da cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília - Juscelino Kubitschek: aspectos edáficos, florísticos e ecológicos [Distrito Federal] 2008.

xvii, 84p., 210 x 297 mm (ENE/FT/UnB, Mestre, Ciências Florestais, 2008).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Florestal

1. Recuperação de áreas degradadas

2. Cerrado

3. Mineração

4. Avaliação de PRAD

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PINHEIRO, C.Q. (2008). Avaliação da recuperação da cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília Juscelino Kubitschek: aspectos edáficos, florísticos e ecológicos. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 84p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Cristiane de Queiroz Pinheiro.

TÍTULO: Avaliação da recuperação da cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília Juscelino Kubitschek: aspectos edáficos, florísticos e ecológicos.

GRAU: Mestre

ANO: 2008

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Cristiane de Queiroz Pinheiro

HIGS 705 Bl. E cs 36

Brasília, DF. CEP 70350-705

Endereço eletrônico: crisfloresta@gmail.com

Telefone: (61) 8412.8910

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Rodrigo Studart Corrêa, pelas preciosas informações, paciência, compreensão e amizade, sobretudo, pela objetividade, precisão e pontualidade na orientação.

Aos colegas de profissão e de coração que me deram grande apoio nos trabalhos de campo e identificação botânica Irving Martins Silveira, Renata Rangel de Araújo Jorge, Rafael Serejo de Jesus, Rafael Gonçalves de Oliveira, João Vieira Diniz Neto, Ricardo Flores Haidar, Taina Ramidoff.

A todos os meus colegas do Mestrado e Doutorado, principalmente, Fernando Siracuza Vianna Coelho, Lucas de Carvalho Ramos Silva, Fabrício Alvin Carvalho e Ana Paula Abreu de Andrade por toda ajuda que me foi dada, pelo companheirismo nas horas da dúvida e soluções e também pela amizade.

Aos professores Ildeu Soares Martins, Carolyn E. B. Proença, Christopher Willian Fagg, José Roberto Rodrigues Pinto pela ajuda profissional. Ao professor José Carlos Sousa e Silva, Departamento de Engenharia Florestal da UnB e pesquisador EMBRAPA Cerrados.

À todo o pessoal da DITEC – IBAMA Guilherme de Almeida, Hugo Américo R. Schaedler, Lídio J. dos Santos, Neyliane Soares de Menezes, Rafael Lobo de Olivera Filho, Nívea Caixeta de Queiroz, Nilma ventura Rodrigues que me foram solidários durante meses de pesquisa em seu departamento.

Agradeço ainda, o apoio das seguintes instituições:

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

IBAMA/DITEC – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente/ Divisão Técnica

EMBRAPA CERRADOS / CPAC – Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado

UnB - Universidade de Brasília

INFRAERO - Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária

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

(Madre Teresa)

"A imaginação é mais importante que o conhecimento"

"A mente que se abre a uma nova idéia jamais voltará ao seu estado original"

(Albert Einstein)

**"Nosso cérebro é o melhor brinquedo já criado: nele se encontram todos os segredos,
incluindo o da felicidade."**

(Charles Chaplin)

**"Somente depois da última árvore derrubada, depois do último animal extinto e o
último rio poluído o homem perceberá que dinheiro não se come".**

(Provérbio indígena)

RESUMO

O bioma Cerrado vem sendo reduzido por consequência de atividades antrópicas, restando atualmente cerca de 20% da sua extensão original nativa. No Distrito Federal, a mineração foi responsável pela degradação de 0,6% da extensão do território. O desmatamento e a remoção da camada superficial do solo são necessariamente anteriores a atividade de mineração, procedimentos que causam profundos impactos no meio ambiente. Setenta e dois hectares de cascalho foram explorados da cascalheira próxima ao Aeroporto Internacional de Brasília - Juscelino Kubitschek em 1960, sendo revegetada em 2005. Durante a fase de recuperação foram aplicados fertilizantes químicos e matéria orgânica no substrato exposto, e introduzidas cerca de sessenta espécies arbóreas nativas na área. Este estudo teve como objetivo avaliar os aspectos edáficos, florísticos e ecológicos da cascalheira após as obras de recuperação. Sendo assim, foram coletadas amostras de solo para realização de análises químicas e físicas do substrato, e um levantamento florístico das espécies arbóreas introduzidas no local.

Os resultados indicam que a condição do substrato é adequada para o crescimento de espécies arbóreas nativas. A maioria das espécies introduzidas no local são pioneiras, possuem dispersão anemocórica e ampla ocorrência no bioma Cerrado. A estrutura da comunidade em termos de frequência, dominância, riqueza florística, diversidade e equabilidade apresentam valores semelhantes aos medidos em áreas naturais de Cerrado. Espécies invasoras foram constatadas no local, tais como *Brachyaria* spp. e *Melinis* spp., que podem comprometer a sucessão das espécies. Entretanto, o tratamento do substrato e as espécies introduzidas na área foram considerados adequados.

ABSTRACT

Brazilian Savanna (Cerrado) has been cleared by human activities and it is estimated that only 20% of the natural vegetation remain. Mining activity has taken 0.6% of the Brazilian Federal District's extension. Deforestation and topsoil removal are necessary prior to such activity which deeply impact the natural environment. A 72 ha gravel mine near the Brasília City's Juscelino Kubitschek International Airport was exploited in the 1960's and reclaimed in 2005, when organic matter and fertilizers were applied to the exposed spoil and approximately sixty native tree-species were introduced on the site. This study aimed to evaluate the edaphic, floristic and ecological aspects of the Brasília Airport gravel mine after the revegetation works. Thus, samples were collected for the analysis of spoil's physical and chemical conditions and a floristic survey on the tree-species introduced on the site was carried out.

Results have showed adequate spoil's conditions for native tree growth. Most of the introduced tree species were pioneer, naturally dispersed by anemocoric means and presented a wide occurrence in Cerrado biome. Species frequency, richness, diversity and evenness measured on the site were similar to values measured in native areas. Some invasive plant-species were spotted on the site such as *Brachyaria* spp. and *Melinis* spp. They may compromise project's ecological succession. Overall, the treatment given to the mined spoil and tree species introduced into the site were considered appropriate.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	1
2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 – O BIOMA CERRADO	3
2.2 – ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO NO DISTRITO FEDERAL 	5
2.3 – RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	6
2.4 – LEGISLAÇÃO AMBIENTAL PERTINENTE	8
3 – MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1 – ÁREA DE ESTUDO	12
3.2 – RECUPERAÇÃO DA CASCALHEIRA	13
3.3 – AMOSTRAGEM E ANÁLISES EDÁFICAS DO SUBSTRATO	14
3.4 – AMOSTRAGEM DA VEGETAÇÃO	17
4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1 – ASPECTOS EDÁFICOS	24
4.1.1 – Parâmetros físicos	24
4.1.2 – Parâmetros químicos	29
4.2 – ASPECTOS FLORÍSTICOS	38
4.2.1 – Suficiência amostral	38
4.2.2 – Composição florística	39
4.3 - ASPECTOS ECOLÓGICOS	49
4.3.1 – Ecologia das espécies	49
4.3.2 – Síndrome de dispersão	52
4.3.3 – Local de ocorrência das espécies	54
4.3.4 – Diversidade α e equabilidade	57
5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
6 – CONCLUSÕES.....	62
7 – RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS.....	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
ANEXO I	84

LISTA DE TABELAS

- Tabela 4.1 - Valores médios e erro padrão das resistências mecânicas à penetração vertical aferidas no Cambissolo sob Cerrado adjacente, no substrato das covas e na camada superficial da cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília – JK.....28
- Tabela 4.2 - Atributos químicos medidos na camada superficial depositada sobre a área, no substrato das covas e no solo sob Cerrado.....30
- Tabela 4.3 - Estimativa dos parâmetros da composição florística das espécies amostradas na cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília JK em ordem decrescente do valor de importância (IVI).40
- Tabela 4.4 - Somatório dos parâmetros da composição florística em ordem de índice de valor de importância (IVI) das famílias representadas pelas espécies amostradas na cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília JK42
- Tabela 4.5 - Características ecológicas das espécies arbóreas amostradas no levantamento florístico da cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília JK44

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Áreas mineradas no Distrito Federal.....	06
Figura 3.1 – Esquema de distribuição das mudas das espécies Primárias (P), Secundária (S) e Clímax (C).....	14
Figura 3.2 - Grupos amostrados no levantamento florístico do plantio de mudas realizado em 2005, para a recuperação da cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília.....	18
Figura 4.1 - Densidade Aparente do substrato das covas da cascalheira e do Cerrado sentido restrito adjacente.....	25
Figura 4.2 - Porosidade total, macroporosidade e microporosidade do substrato das covas da cascalheira e do solo sob Cerrado.....	26
Figura 4.3. Resultados médios de resistência à penetração no substrato das covas da cascalheira, da camada superficial e do solo sob cerrado (Cambissolo).....	27
Figura 4.4 - Clorose internerval nas folhas de <i>Inga laurina</i> , espécie amostrada na cascalheira do Aeroporto de Brasília JK na fase de reflorestamento em 2005.....	37
Figura 4.5 - Curva de rarefação com valores medianos de riqueza de espécies e os limites de confiança (95%) para a amostragem realizada na cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília JK, em 2005.....	38
Figura 4.6 - Curva de rarefação com valores medianos de diversidade (H') de espécies e os limites de confiança (95%) para a amostragem realizada na cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília JK em 2005.....	39
Figura 4.7 – Porcentagem da ecologia das espécies encontradas no levantamento florístico da cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília JK e a proporção dos indivíduos dentro de cada grupo ecológico.....	50
Figura 4.8 - Porcentagem da síndrome de dispersão das espécies encontradas no levantamento florístico da cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília JK e a proporção dos indivíduos dentro de cada tipo de dispersão.....	53

Figura 4.9 - Local de ocorrência das espécies encontradas no levantamento florístico da cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília JK, espécies exóticas ao Cerrado e a respectiva proporção em número de indivíduos e espécies.....56

Figura 4.10 - *Brachiaria* spp. introduzida na cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília Juscelino Kubitschek.....61

1 – INTRODUÇÃO

A destruição antrópica de ambientes naturais, especialmente nos países tropicais, vem chamando a atenção da comunidade científica em geral, pois um dos grandes desafios contemporâneos é manter os atuais níveis de biodiversidade (Wilson, 1994; Young, 2000). No caso do Cerrado brasileiro, estudos relatam que entre 40 e 70% da cobertura nativa tenham sido removidas pela agropecuária, urbanização mineração e outras atividades (Nunes *et al.*, 2002). O conflito entre riqueza ecológica e pressão antrópica colocou o Cerrado brasileiro entre as 25 áreas prioritárias para conservação da biodiversidade mundial (Brasil, 2002). O Distrito Federal – DF situa-se na porção central deste bioma, onde é intenso o conflito entre medidas conservacionistas e atividades econômicas. Além dos danos causados pela agropecuária e urbanização, aproximadamente 0,6% do território distrital foram degradados pela mineração a céu aberto para extração de areia, argila, cascalho e brita nas últimas cinco décadas, porcentagem cinco vezes maior do que a média nacional (Corrêa *et al.*, 2004).

Os substratos expostos em áreas mineradas, são geralmente compactados, apresentam baixa capacidade de armazenamento de água, baixos teores de matéria orgânica e de nutrientes minerais (Pereira, 1990). Estudos têm mostrado que mesmo após algumas décadas após a mineração, a regeneração natural da vegetação em áreas mineradas no Cerrado é insignificante (Pereira, 1990; Corrêa, 1995), sendo a intervenção humana necessária (Corrêa & Mello Filho, 2000). A necessidade de intervenção em áreas mineradas resultou no desenvolvimento de técnicas para o tratamento de substratos expostos e na seleção de espécies aptas a crescerem e a se desenvolverem sob as condições extremas e locais agudamente degradados (Corrêa, 2006). Silva *et. al* (2003) mostraram que a intervenção humana pode acelerar o processo de regeneração em áreas mineradas, permitindo a retomada da sucessão e grande incremento na cobertura vegetal e da diversidade.

O processo de recomposição de ecossistemas perturbados por impacto antrópico pode ocorrer de várias maneiras, dependendo do grau de degradação e da técnica utilizada. Na recuperação de áreas degradadas os métodos utilizados podem incluir desde o plantio de gramíneas, plantio direto de sementes (Ray & Brown, 1995), plantios de enriquecimento,

formações de maciços florestais (Montagnini *et al.*, 1997), consorciação de espécies nativas e exóticas (Tilstone *et al.*, 1998) a técnicas de nucleação (Reis, *et al.*, 2003). Kageyama *et al.* (1989) recomendam a utilização de espécies nativas da região com o objetivo de tornar o ecossistema mais próximo daquele originalmente existente e, portanto, mais equilibrado ecologicamente. Além disso, sugerem que a seleção das espécies para a composição da nova comunidade seja baseada em estágios sucessionais. Para isso, devem ser utilizadas espécies com características de pioneiras ou secundárias iniciais (que crescem rapidamente à plena luz), plantadas em associação com espécies que apresentam características de secundária tardia ou clímax, que possuem crescimento lento e desenvolve-se melhor à sombra (Budowski, 1965).

Um estudo elaborado pelo Instituto de Botânica de São Paulo - IBOT, no Estado de São Paulo, resultou na edição da Resolução SMA nº 47, de 26/11/2003. Essa Resolução fixa, com base em estudos florísticos, fitossociológicos e edáficos de jazidas revegetadas, orientações para o reflorestamento heterogêneo de áreas degradadas em São Paulo. No Distrito Federal o Decreto 12.379, de 16/05/90, restringe às medidas de recuperação à recondução das áreas ao estado não degradado encontrado anteriormente à atividade mineraria. Embora existam normas disciplinares para a atividade de mineração no Distrito Federal, boa parte dos empreendimentos opera sem o devido licenciamento (Carneiro, 1999) e a maioria dos Planos de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD's dos processos de licenciamentos não são executados (Leite & Castro, 2002).

O Distrito Federal carece de estudos que embasem normas sobre a revegetação de áreas mineradas no Cerrado. A cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília JK, é uma das poucas jazidas explotadas no Distrito Federal que teve seu PRAD executado, sendo o foco deste estudo. O objetivo principal foi avaliar os aspectos edáficos, florísticos e ecológicos resultantes da execução do PRAD realizado em 2005. Este trabalho pretende contribuir para a melhoria do desenvolvimento dos planos de recuperação das áreas degradadas pela mineração, assim como, espera-se ser útil para a elaboração de legislação aplicada a recuperação de áreas degradadas, como foi feito no estado de São Paulo.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - O BIOMA CERRADO

O conceito de bioma é largamente utilizado para caracterizar uma comunidade biótica reconhecida em escala geográfica. Representa tipos fisionômicos distribuídos na superfície da Terra, que estão relacionados ao clima e aos fatores ambientais limitantes a sua distribuição (Kent & Coker, 1992; Mantovani, 2003).

A vegetação do Cerrado corresponde ao segundo maior bioma e domínio morfoclimático do Brasil e América do Sul, ocupando aproximadamente 1,8 milhões de Km² (Aguiar *et al.*, 2004), cerca de 25 % do território Brasileiro (Dias, 1990; Schenkel & Brummer, 2000). Atualmente, apenas 20 % da área original permanecem intactas (Alho, 2005). Apesar disso, estudos recentes catalogaram cerca de 10.000 espécies vegetais neste bioma (Walter, 2006). A distribuição do Cerrado encontra-se situada entre 3-24° de latitude sul e entre 41-63° de longitude oeste, dominada por amplos planaltos (Adámoli *et al.*, 1986). O clima predominante é tropical com precipitação entre 750 a 2000 mm por ano, a estação seca ocorre de maio a outubro, com mês mais seco apresentando precipitação entre zero e 30 mm (Schenkel & Brummer, 2000).

O Cerrado é constituído de um grande mosaico de paisagens naturais, que abriga formações florestais, savânicas e campestres (Felfili *et al.*, 2004). Vários são os fatores que determinam a cobertura vegetal, destacando-se a disponibilidade de água e nutrientes (Eiten, 1990; Ribeiro *et al.*, 1983). Ribeiro & Walter (1998) descrevem no Cerrado onze tipos fisionômicos, inseridos em três de formações vegetais: formações campestres (Campo Sujo, Campo Rupestre e Campo Limpo), formações savânicas (Cerrado Sentido Restrito, Parque De Cerrado, Palmeiral e Vereda) e formações florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão). Por causa dessa variedade de paisagens e tipos fisionômicos, o Cerrado possui grande riqueza florística (Mendonça, *et al.*, 1998), pois essas comunidades possuem características próprias e diferenciam-se na composição de espécies e estrutura fitossociológica (Dias, 1992; Eiten, 1990; Ribeiro *et al.*, 1983).

As diferentes fisionomias do bioma apresentam estreita relação com os solos, que determinam o clímax da vegetação (Eiten, 1993). Os solos na região do Cerrado normalmente são profundos, bem drenados e com baixa fertilidade, devido à lixiviação sob regime de chuvas abundantes. Eles possuem alta toxidez e acidez como consequência do acúmulo de ferro e de alumínio (Mantovani, 2003; Haridasan, 1990; Goedert, 1987). Quando os fatores edáficos, tais como fertilidade, profundidade efetiva, presença de concreções e proximidade à superfície do lençol freático variam, a fitofisionomia muda (Haridasan, 1994; Eiten, 1972).

As principais classes de solo que suportam o Cerrado sentido restrito na região central do Planalto Central brasileiro são Latossolos Vermelhos e Neossolos Quartzênicos. Esses solos, de modo geral, quando suportam Cerrado sentido restrito, são profundos e bem drenados, e não apresentam restrições ao crescimento radicular das árvores (Haridasan, 2005a).

A área de estudo desse trabalho possuía Cambissolo antes de ser minerada. A recuperação se iniciou com a deposição de um horizonte A de um Latossolo Vermelho Escuro, que serviu de substrato para o crescimento das plantas introduzidas no local. Os Latossolos são os solos predominantes na região do Cerrado sendo classificados entre vermelhos, alaranjados ou amarelos. Apresentam teores de argila de 15 a 80%, baixa capacidade de troca catiônica - CTC, são ricos em caulinita, quartzo, óxidos de alumínio e de ferro (Goedert, 1987). Eles são bem drenados, muito profundos (normalmente superiores a 2m), com seqüência de horizontes A, B e C pouco diferenciados (Goedert, 1987). Os Latossolos são subdivididos (Bennema & Camargo, 1964, *apud in* Goedert, 1987) em: Latossolo Vermelho-Escuro, com teores de ferro entre 18 e 9% e se a textura for de argilosa a média, porcentagem de Al_2O_3/Fe_2O_3 menor que 2; Latossolo Vermelho-Amarelo, com teores de ferro inferiores a 9%, se a textura for de argilosa a média, a porcentagem de Al_2O_3/Fe_2O_3 maior que 2 e a cor vermelho-amarelada; Latossolo Amarelo, com teores muito baixos de ferro, geralmente presente em regiões costeiras ou amazônicas; e Latossolo Roxo, com teores de ferro acima de 18%, de cor vermelho-escuro, desenvolvido a partir de rochas básicas.

Os Cambissolos compreendem solos com horizonte B incipiente ou câmbico, com 1,0 a 1,5m de profundidade. Podem ocorrer tanto de forma distrófica como eutrófica, sendo 90%

dessa formação representada pelos distróficos. São solos ácidos, com baixo teor de fósforo, médio teor de matéria orgânica, teor de argila superior a 15% e, são caracterizados especialmente por apresentarem a fração de silte superior a 20% (Goedert, 1987).

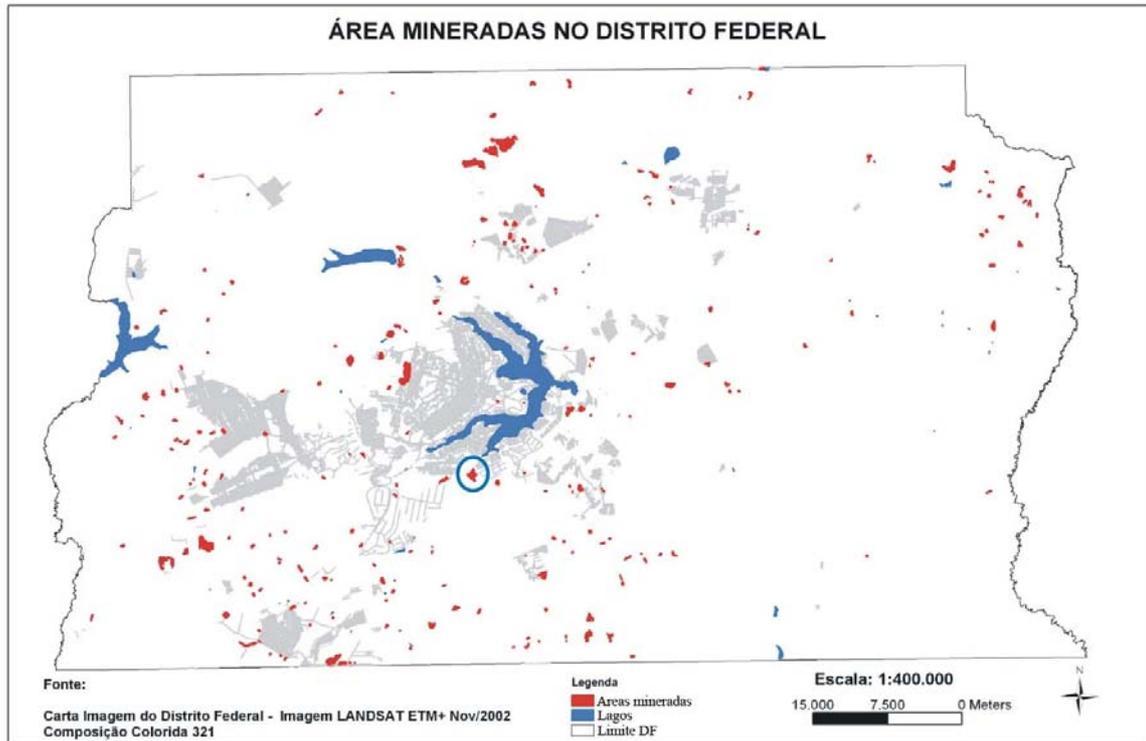
2.2 - ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO NO DISTRITO FEDERAL

A modificação das paisagens naturais no Cerrado está relacionada às atividades econômicas (Klink & Moreira, 2002) e têm resultado em uma perda anual de 2,2 milhões de hectares (Machado *et al*, 2004). No Distrito Federal a situação não difere do cenário nacional, ao contrário, existe uma pressão ainda maior, devido à expansão urbana, a ocupação desordenada de terras públicas e expansão da malha viária (Corrêa, 2004).

De acordo com os estudos realizados pela UNESCO (2000), pouco mais de quatro décadas após o início da ocupação, o Distrito Federal contabilizou uma perda de 57% de sua vegetação original, sendo 73,8 % desta perda correspondentes a áreas de Cerrado sentido restrito, restando apenas 25 % da área original de Cerrado remanescente.

No Distrito Federal, para cada hectare urbanizado outro é alterado pelos impactos diretos e indiretos das atividades humanas (Corrêa, 1998). A abertura de vias, pavimentação, construção de assentamentos e outras obras civis demandam abertura e exploração de jazidas. A Figura 2.1 mostra as 234 jazidas de bens minerais para a construção civil existentes no Distrito Federal (Corrêa *et al*, 2004). A cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília encontra-se destacada na figura por um círculo em cor azul.

A legislação brasileira exige a apresentação de um Plano de Recuperação de Área Degradada - PRAD para a obtenção da licença ambiental para a mineração. Entretanto, cerca de 90% dos PRAD's existentes nos processos de licenciamento de jazidas no Distrito Federal não foram executados (Leite & Castro, 2002).



Fonte: Corrêa *et. al* (2004)

Figura 2.1 - Áreas mineradas no Distrito Federal.

2.3 - RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Áreas degradadas referem-se a alterações de um ecossistema natural. Segundo Carpenezzi *et al.* (1990), áreas degradadas são aquelas que após sofrerem um distúrbio, tiveram eliminados seus meios de regeneração natural, apresentando baixa resiliência.

A atividade da mineração é uma das formas mais graves de degradação a um ambiente, pois a atividade necessita da supressão da vegetação e da retirada da camada superficial do solo para que se possa fazer a extração da lavra, deixando frequentemente, a “rocha-mãe” ou o saprólito expostos ao término da exploração.

O desmatamento e a mineração retiram nutrientes que são essenciais para o equilíbrio ecológico do ecossistema (Corrêa, 2006). O maior estoque de nutrientes disponíveis encontra-se na biomassa aérea e subterrânea (Haridasan, 1992) e não nos solos como muitos acreditam. Já os estoques de carbono, em áreas naturais de Cerrado sentido restrito,

concentram-se em sua maioria no solo, representando 89% do total enquanto a parte aérea e as raízes representaram apenas 4 e 7% respectivamente (Paiva, 2006).

Dessa forma, com a supressão da vegetação há perdas consideráveis de solo. Além disso, a atividade de mineração deixa severas conseqüências ambientais que muitas vezes dificultam e/ou impedem o estabelecimento e o desenvolvimento de espécies vegetais nessas áreas. Entre elas, destacam-se as mudanças na topografia, que favorecem as enxurradas; a compactação da superfície exposta; a baixa capacidade de retenção de água e a baixa concentração de nutrientes (Corrêa, 2006). A restauração das condições naturais complica-se na medida em que aumenta a quantidade de solo retirada da lavra (Ribeiro & Schiavini, 1998).

Os principais fatores limitantes ao estabelecimento das espécies vegetais em jazidas mineradas devem-se à compactação, a escassez de nutrientes e de matéria orgânica do substrato remanescente após a lavra (Corrêa & Leite, 1998). Os efeitos sobre a vegetação também podem ser explicados pela redução de água disponível, à deficiência de oxigênio no solo (Primavesi, 1981) e a compactação do solo, que provoca resistência à penetração das raízes (Mendes 1989). A condição árida e inapropriada à vida nas áreas mineradas é resultado da perda da estrutura física, química e biológica que existem em solos não degradados (Corrêa, 2006). Há ainda a questão da eliminação do banco de sementes, propágulos vegetativos e da fauna, que impulsionariam a sucessão se estivessem presentes nos locais minerados (Kageyama & Gandara, 2004a; Howe & Smallwood, 1982).

Em relação à recuperação de áreas degradadas, encontram-se na literatura diferentes conceitos. O IBAMA define recuperação como o retorno de áreas degradadas a uma forma de utilização tecnicamente compatível, em conformidade com os valores ambientais, culturais e sociais locais (IBAMA, 1990). O Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC define recuperação como: “a restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original” (*apud in* Corrêa, 2006).

O conceito de recuperação muitas vezes se confunde com o conceito de restauração. A recuperação de uma área degradada visa à estabilização de uma área degradada sem o estreito compromisso ecológico. A Recuperação é um processo genérico que abrange todos

os aspectos de qualquer projeto que vise à obtenção de uma nova utilização para um sítio degradado (Corrêa 2006). Enquanto a restauração visa à reposição exata das condições ecológicas da área degradada (Primack & Rodrigues, 2002). Porém sabe-se que isso não é possível, considerando que área degradada implica a perda das características originais do solo, inviabilizando a regeneração natural em curto e médio prazo (Ribeiro & Schiavini, 1998).

Kageyama & Gandara (2000) utilizam o termo “restauração de ecossistemas degradados” e acreditam que este conceito deve caminhar junto aos conceitos de diversidade de espécies, interação entre espécies, sucessão ecológica e conhecimentos silviculturais das espécies nativas. Para esses autores, a meta da restauração é a de reconstituir um novo ecossistema o mais semelhante o possível do original, de modo a criar condições de biodiversidade renovável, em que as espécies regeneradas artificialmente tenham condições de ser auto-sustentáveis, ou que sua reprodução esteja garantida e a diversidade genética em suas populações possibilite a continuidade de evolução das espécies (Kageyama & Gandara, 2004a). As avaliações realizadas neste trabalho baseiam-se prioritariamente no conceito de “restauração de ecossistemas degradados” apresentado acima.

O planejamento da mineração é fundamental para otimizar a recuperação da lavra explorada (Corrêa, 2006). Nesse processo várias podem ser as técnicas de recuperação, entre elas, destacam-se a reposição da camada superficial do solo sobre o substrato minerado, controle de erosão, terraceamento, escolha das espécies que irão compor a comunidade vegetal da área e o tratamento de covas antes do plantio. No entanto, esse planejamento prévio não foi realizado na maioria das áreas mineradas no Distrito Federal, sobretudo pela falta de legislação ambiental à época (Corrêa 2006).

2.4 - LEGISLAÇÃO AMBIENTAL PERTINENTE

Do ponto de vista do patrimônio público, o meio ambiente é um bem público de uso comum do povo. Não obstante, como é o caso das Unidades de Conservação pode ser um bem público de uso especial (artigo 66 do Código Civil Brasileiro).

A Constituição Federal de 1988 determina que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial a sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (artigo 225). No parágrafo primeiro do mesmo artigo, vem especificado o que exatamente o poder público deve fazer para assegurar esse direito:

I – Preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas;

II – Preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do País e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético;

III – Definir, em todas as Unidades da federação espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem a sua proteção;

IV – Exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade;

V – Controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente;

VI – Promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para preservação do meio ambiente;

VII – Proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais à crueldade.

O Decreto 97.632, de 10/04/89, que regulamenta o artigo 2º, Inciso VIII da Lei nº 6.938, diz que “os empreendimentos que se destinam à exploração de recursos minerais deverão, quando da apresentação do Estudo de Impacto Ambiental - EIA e do Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, submeter à aprovação do órgão ambiental competente, Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD)”. Ainda segundo o decreto, “para efeito deste Decreto são considerados como degradação os processos resultantes dos danos ao meio ambiente, pelo quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como, a qualidade ou capacidade produtiva dos recursos ambientais”; e no artigo 3º - “A recuperação deverá ter por objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização,

de acordo com um plano preestabelecido para o uso do solo, visando à obtenção de uma estabilidade do meio ambiente”. Segundo o mesmo decreto, “para os empreendimentos já existentes, deverá ser apresentado ao órgão ambiental competente, no prazo máximo de 180 (cento e oitenta) dias, a partir da data de publicação deste Decreto, um plano de recuperação da área degradada”.

No Distrito Federal, o Decreto Distrital nº 12.379, de 16/05/90, restringiu o número de soluções possíveis no Distrito Federal, ao determinar a recondução de áreas degradadas ao *status quo ante*, o que dificulta e muitas vezes inviabilizam tais providências devido ao desordenamento da ocupação no DF e a dificuldade de se reconstituir um fragmento de ecossistema com estrutura idêntica à anteriormente encontrada (Corrêa, 2006).

Em 1974, a Academia Nacional de Ciências nos Estados Unidos definiu o processo de recuperação como a recomposição da área degradada para o estabelecimento de organismos originalmente presentes, sem o compromisso ecológico; restauração como a reposição das exatas condições ecológicas da área degradada, justificável para ambientes raros; e reabilitação como retorno da função produtiva da terra, não do ecossistema, por meio da vegetação (Corrêa, 2006).

A exploração de areia e cascalho foi regularizada no Brasil com a edição do Decreto nº 1.594, de 26 de janeiro de 1971. Entretanto, já existiam lavras ilegais no DF e a exploração ilegal seguiu sem controle, restando lavras esgotadas e locais inutilizados (Corrêa, 1998). As informações sobre extensão de áreas degradadas são imprecisas, mas são proporcionalmente dez vezes superiores a extensão de todas as concessões minerais em operação no Brasil, que ocupam hoje, cerca de 0,14% do território nacional (DNPM, 1994).

A recuperação de ambientes degradados pela mineração é hoje uma exigência da legislação ambiental e é apontada como uma das ações necessárias à racionalização do uso da terra e melhoria de qualidade ambiental (UNCED, 1991). O manejo adequado dessas áreas é fundamental para o êxito dos PRADS, de modo que novas tecnologias e modelos de recuperação devem ser desenvolvidos, bem como o acompanhamento do êxito e sustentabilidade dos planos implementados. A Resolução SMA nº 47, de 26/11/2003, válida para o estado de São Paulo, fixa diferentes modelos de revegetação para áreas

degradadas. As normas técnicas dispostas nessa Resolução podem ser consideradas como um grande avanço na legislação brasileira no que diz respeito à recuperação de áreas degradadas, pois esta apresenta modelos de revegetação condizentes com o conceito de “restauração de ecossistemas degradados” definido por Kageyama e Gandara (2000). Sendo assim, utilizaram-se neste estudo os parâmetros dessa Resolução para avaliar a cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília JK sob o ponto de vista técnico e legal.

A escolha da área de estudo deve-se ao fato de ter sido o maior PRAD executado no Distrito Federal. Para tanto, o foco deste estudo foi avaliar se as atividades executadas no mesmo foram suficientes para propiciar um aumento na resiliência local e se as mesmas estão de acordo com as normas e técnicas legais recomendadas.

OBJETIVO GERAL

Investigar se o PRAD executado na cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília – Juscelino Kubistcheck atende as normas legais e técnicas recomendadas.

Objetivos específicos

- Comparar a riqueza e diversidade de espécies encontradas na cascalheira, após a sua revegetação, com áreas naturais de Cerrado e recomendações literárias e técnicas.
- Comparar as condições edáficas da cascalheira com as condições de áreas adjacentes e com áreas naturais de Cerrado.
- Avaliar a excussão do PRAD de acordo com o que foi previsto no documento e comparar as técnicas utilizadas com as recomendadas pela legislação e pela literatura.

HIPÓTESE:

H₀ – A cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília – Juscelino Kubitschek foi revegetada conforme preconizam as normas técnicas, legais e o Plano de Recuperação elaborado para área.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - ÁREA DE ESTUDO

A cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília está localizada no interflúvio dos córregos do Cocho e Cacherê, afluentes do Ribeirão do Gama, e se encontra dentro da Área de Proteção Ambiental (APA) Gama Cabeça de Veado que possui 25 mil hectares. A topografia apresenta cotas altimétricas que variam de 1.017 na porção sul, até 1.084 metros ao norte, com média de 0,5% de declividade, correspondendo a uma área plana (VerticalGreen & Ecodata, 2004).

A cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília JK situa-se no Distrito Federal entre as coordenadas 15°52'07"-15°52'47" de latitude sul e 47°53'25"- 47°52'54" de longitude oeste. O clima predominante no Distrito Federal é o Tropical de Savana – Aw, segundo a classificação de Köppen. A precipitação média anual varia de 1.200 a 1.600 mm, com 84% do volume de chuvas ocorrendo durante o verão. A temperatura média anual varia entre 18 e 22° C e a umidade relativa do ar pode variar de 12 a 85% (IBGE, 2006). O local foi explorado na década de 1960, com a finalidade de suprir parte da demanda de cascalho nas obras para a construção do Distrito Federal e do Aeroporto.

De acordo com o diagnóstico realizado pela EMBRAPA Solos (2001), na área patrimonial do Aeroporto Internacional de Brasília ocorrem Latossolo Vermelho associado à Latossolo Vermelho-Amarelo com pequenas inclusões de Latossolo Amarelo. Este último solo se relaciona mais a problemas de drenagem do que ao material de origem (EMBRAPA, 1999). A vegetação original correspondia a uma área de Campo Cerrado (44ha) e outra de Cerrado sentido restrito (28ha) (EMBRAPA Solos, 2001). Dessa forma foram desbastados 72 hectares na execução da lavra, restando apenas pequenos fragmentos de Cerrado sentido restrito que ficaram abandonados até o ano de 2005.

A falta de recuperação até o início de 2005 e os agentes do intemperismo aumentaram o passivo ambiental no local, pois erosões se desenvolveram e geraram prejuízos à bacia do Ribeirão do Gama Cabeça de Veado (VerticalGreen & ECODATA, 2004). Três grandes voçorocas, com 5m de profundidade e 12m de largura, se desenvolveram no local. Duas

delas chegaram a atingir o afloramento do lençol freático. Segundo o relatório técnico da INFRAERO (2005), a retirada da cobertura vegetal para a extração de cascalho provocou a impermeabilização do solo e desequilíbrio hidrológico nas imediações.

3.2 - RECUPERAÇÃO DA CASCALHEIRA

As obras de recuperação da cascalheira foram financiadas com recursos da compensação ambiental pela construção da segunda pista de pouso e decolagem do Aeroporto Internacional de Brasília JK. O PRAD foi executado pela empresa *VerticalGreen*, que iniciou os trabalhos em 25/1/ 2005 e terminou no final do mesmo ano. A camada superficial de solo retirado da área de construção da segunda pista do Aeroporto JK foi utilizado na recuperação da cascalheira e espalhado por toda área, atingindo entre 1,5 e 2,0 metros de altura, em alguns locais nas bordas este valor foi superior (INFRAERO, 2005). Análises químicas desse material indicaram que a camada superficial depositada era argilosa (60% de argila, 28% de areia e 12% de silte), com elevada acidez (pH = 4,26) e altos índices de saturação por alumínio (m% = 38) e matéria orgânica variando de 3 a 5%.

A camada superficial de solo depositada sobre a cascalheira recebeu calcário dolomítico (não quantificado no relatório) e sementes de espécies herbáceas, por meio de transemeadura (INFRAERO, 2005). A transemeadura possibilita a descompactação mecânica em áreas planas ou semi-planas, selecionando os materiais mais grossos, como pedras, raízes, herbáceas, transportando-os para o estrato mais profundo, deixando o estrato superior livre de impurezas e perfeitamente plano (VerticalGreen & ECODATA, 2004). Após o aplainamento do terreno foram aplicadas biomantas antierosivas nas áreas mais inclinadas, para propiciar melhor retenção do solo e favorecer o estabelecimento da vegetação.

Gramíneas foram plantadas por meio de Hidrossemeadura Trix Plus ®, que consiste no jateamento em alta pressão de uma solução aquosa composta por sementes, fertilizantes químicos e orgânicos, *mulch* e colantes naturais (tecnologia registrada no CONFEA/INPI no item 5.2.4. Registro de Direito Autoral da Empresa VerticalGreen).

O trabalho de preparo de solo foi iniciado quinze dias antes do plantio das espécies arbóreas e arbustivas. As mudas utilizadas foram produzidas em viveiro próprio, cujas

sementes foram coletadas em áreas naturais de Cerrado (INFRAERO, 2005). O espaçamento utilizado foi de 3 x 3 m dentro da linha de plantio e 2 x 2 m entre linhas, conforme o esquema da Figura 3.1. De acordo com relatório de obras cedido pela INFRAERO (2005) foram plantadas espécies pioneiras (P) em uma linha, totalizando 70%, em outra linha 20% de secundárias (S) e 10% clímax (C) (Figura 3.1). A lista das espécies plantadas não foi encontrada em nenhum documento oficial.

Nos meses de julho a agosto de 2005 foram feitos os primeiros plantios com mudas de espécies arbóreas, nas três grandes áreas correspondentes as voçorocas. Em novembro do mesmo ano foi realizado o segundo plantio de mudas, cobrindo toda a cascalheira e realizando também a reposição das mudas plantadas na estação seca que não sobreviveram, totalizando 29.000 mudas plantadas (ECODATA, 2005).

A dimensão das covas foi de 0,4 x 0,4 x 0,4m, cada uma delas foi adubada com 10 L de esterco de curral, 100g de NPK (5:25:15) e calcário dolomítico (não quantificado) (INFRAERO, 2005).

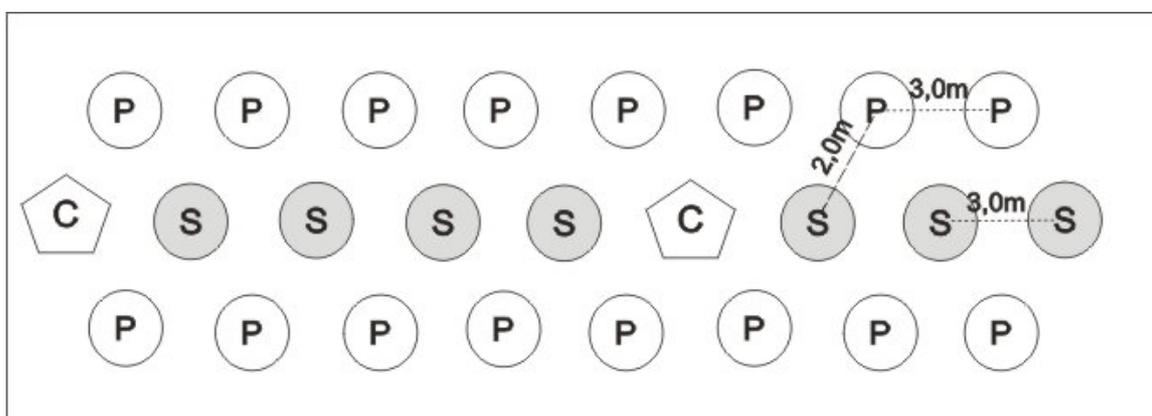


Figura 3.1 – Esquema de distribuição das mudas das espécies Primárias (P), Secundárias (S) e Clímax (C).

A lista das espécies previstas no PRAD encontra-se no Anexo I.

3.3 - AMOSTRAGEM E ANÁLISES EDÁFICAS DO SUBSTRATO

Amostras compostas de substrato das covas (10 sub-amostras) entre 0 - 10 cm e 10 - 20 cm foram coletadas em quatro pontos diferentes da cascalheira para análises químicas e

textural, conforme Embrapa (1997). Este mesmo procedimento foi repetido no Cambissolo sob Cerrado, para utilização deste como testemunha.

As amostras foram analisadas para pH, Al^{3+} , $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$, Ca^{2+} , Mg^{2+} , P-disponível, K-trocável e matéria orgânica, conforme EMBRAPA (1997, 2005).

A partir dos resultados foram calculadas a capacidade de troca catiônica total (T), CTC efetiva, a soma de bases (SB), a porcentagem de saturação de bases (V%) e a saturação por alumínio (m%) da seguinte forma:

$$T = [\text{Ca}] + [\text{Mg}] + [\text{K}] + [\text{H} + \text{Al}]$$

$$\text{CTC efetiva} = \text{SB} + \text{Al}$$

$$\text{SB} = [\text{Ca}] + [\text{Mg}] + [\text{K}]$$

$$\text{V}\% = (\text{SB} / T) * 100$$

$$\text{m}\% = (\text{Al} / (\text{Al} + \text{SB})) * 100$$

O pH foi mensurado com pHmetro numa solução de 1:2,5 de solo-água (EMBRAPA, 2005). P-disponível, K-trocável e a disponibilidade dos micronutrientes (Cu^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+}) foram determinados por extração ácida (0,05 M H_2SO_4 + 0,05 M HCl) e medidos com espectômetro UV-visível, fotômetro de chama e espectrofotômetro de absorção atômica. Os elementos Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} trocáveis foram extraídos com solução 1M de KCl. O Al foi determinado por titulação ácido-base com NaOH (0,01 M) e os elementos Ca^{2+} e Mg^{2+} , em espectrofotômetro de absorção atômica. A matéria orgânica foi determinada pelo método Walkley-Black adaptado, com digestão das amostras (H_2SO_4 , 96%) e posterior titulação de oxi-redução. A acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) foi obtida por extração com $\text{C}_4\text{H}_6\text{CaO}_4$ (0,5 M) seguida de titulação ácido-base com NaOH (0,02 M) de acordo com EMBRAPA (2005, 1997). O percentual de matéria orgânica foi calculado pelo método da oxidação por via úmida (Walkley & Black, 1934).

A análise dos atributos químicos basearam-se nos valores médios encontrados de cada nutriente das amostras retiradas na cascalheira e no Cerrado adjacente, e também, nas análises da camada superficial fornecidas pela INFRAERO (2005).

A análise textural foi realizada pela dispersão química com NaOH (0,5N) e mecânica com agitação rápida, de acordo com o método da pipeta (EMBRAPA, 1997), para as determinações de silte e argila, a tamisação para areia grossa e a areia fina obtida pela diferença: 100 – (silte + argila + areia grossa).

A Densidade aparente (ρ_b) do substrato das covas e do Cambissolo sob Cerrado foi determinada pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1978). Foram retiradas três amostras indeformadas nas profundidades de 0 – 10 cm e 0-20 cm, com o auxílio de anéis volumétricos de 100 cm³, no dia 05/06/2007, coletadas de forma vertical ao plano do terreno, sendo realizadas cinco repetições por área. Essas amostras foram utilizadas para análise da curva de retenção de água, macro e microporosidade e densidade aparente dos substratos, como descrito em EMBRAPA (1997).

Para o cálculo da Porosidade Total (PSR) foi considerado 2,65g.cm⁻³ como sendo a Densidade Real do substrato. A razão entre a densidade aparente e densidade real fornece através da equação: $PSR = 1 - (\rho_b / 2,65)$, o percentual do volume não preenchido que é a porosidade total deste substrato (Raij, 1981).

A Curva de retenção de água foi determinada usando-se o método da centrífuga (Freitas Júnior & Silva, 1984). As amostras indeformadas foram saturadas em bandejas por 24 h e, em seguida, submetidas a rotações de centrífugas equivalentes às tensões de 0; 6; 60; 80; 100; 1500 KPa. Cada tensão foi aplicada por 30 min em cada uma das amostras.

A Microporosidade foi determinada a partir dos valores obtidos na curva de retenção de água, para o volume ocupado pela água à tensões iguais ou superiores a 6 kPa (EMBRAPA, 1997). A macroporosidade foi determinada pela diferença entre a Porosidade Total e Microporosidade.

A análise estatística utilizada para comparações de médias de Da, porosidade total, macro e microporosidade baseou-se na análise da normalidade dos dados por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov, análise da variância (ANOVA) e posteriormente o teste de Tukey a 5% de significância.

A resistência mecânica à penetração vertical foi testada até os primeiros 60 cm de profundidade no substrato das covas, na camada superficial da cascalheira e no Cambissolo sob Cerrado (testemunha), em área adjacente à cascalheira. Para cada solo/substrato analisado, cinco pontos foram aleatoriamente selecionados (Centeno, 2001). Os testes foram realizados em novembro de 2007, todos no mesmo dia, utilizando-se um penetrômetro de impacto – modelo IAA/Planalsucar, sendo que a massa de impacto de quatro quilos sofreu uma queda livre de 40 cm (Stolf *et al.*, 1983).

Os resultados obtidos em impactos dm^{-1} foram convertidos para resistência do solo a penetração (RP), por meio da Equação 1, abaixo (Stolf *et al.*, 1991):

$$\text{RP (kgf.cm}^{-2}\text{)} = 5,6 + 6,89 \text{ N (impactos dm}^{-1}\text{)}; \quad (\text{Equação 1})$$

Para conversão da RP em kgf.cm^{-2} para MPa, multiplicou-se o resultado obtido na Equação-1 pela constante 0,098 (Oliveira *et al.*, 2007). A partir dos valores médios de cada perfil, foram traçadas curvas de compactação para cada perfil, utilizando-se o *software* Microsoft Excel (2003).

As médias encontradas em cada profundidade e em cada perfil de solo/substrato foram comparadas duas a duas pelo teste LSD de Fisher à 5% de significância, após a verificação da normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e o teste ANOVA. Todas as análises estatísticas dos parâmetros físicos foram processadas pelo programa STATISTICA Version 5.

3.4 AMOSTRAGEM DA VEGETAÇÃO

O levantamento florístico das espécies arbóreas plantadas foi realizado por meio de caminhadas em forma de varredura, onde se utilizou grupos amostrais de cem indivíduos. O ponto inicial de cada grupo foi selecionado ao acaso em diferentes pontos da cascalheira, e a partir deste, procurou-se abranger uma área poligonal até que os cem indivíduos fossem amostrados. Dessa forma foram amostrados nove grupos, totalizando 900 indivíduos amostrados. A Figura 3.2 mostra de forma aproximada as áreas onde os grupos foram amostrados.

A suficiência amostral da vegetação foi determinada pela curva de rarefação, que utiliza valores de riqueza e de diversidade de espécies pelo índice de Shannon, através do programa EcoSim (Gotelli & Entsminger, 2001). A rarefação estima por meio de derivação de equações a expectativa da variância da riqueza das espécies em uma amostra de tamanho qualquer (Hulbert, 1971; Heck *et al.*, 1975). O programa rarefaz as amostras ao nível mais baixo de abundância, tornando possível a comparação entre a riqueza de espécies e os indivíduos amostrados. O programa EcoSim fornece um algoritmo de rarefação, em que os indivíduos são selecionados de forma aleatória repetidas vezes. A partir de então, gera-se uma curva em que os dados representam agregações aleatórias de amostras inteiras e a biodiversidade é expressa em unidades de indivíduos (Gotelli & Colwell, 2001). A amostra mínima representativa é indicada pela estabilização da curva de rarefação (Magurran, 2003).



Figura 3.2 - Grupos amostrados no levantamento florístico do plantio de mudas realizado em 2005, para a recuperação da cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília.

Foram feitas coletas de material vegetal das espécies não identificadas em campo e prensados para identificação por meio de consultas à literatura especializada e comparação com o material herborizado na Universidade de Brasília – UnB. Para confirmação da grafia das espécies, utilizaram-se as informações contidas no *site* do Missouri Botanical Garden – MOBOT (<http://mobot.mobot.org/W3T/Search/vast.html>).

O diâmetro das plantas foi medido a 10 cm da base com paquímetro de 0,1 mm de precisão, para posterior cálculo das respectivas áreas basais e dos parâmetros estruturais.

O material botânico identificado foi classificado quanto à ecologia da espécie, síndrome de dispersão e fitofisionomia de ocorrência, com o uso de literatura especializada. Para as espécies que, de acordo com a literatura pesquisada, possuíam mais de uma classificação para o grupo ecológico, considerou-se o grupo mais primário na sucessão ecológica. As espécies classificadas como heliófitas não estão inclusas nos demais grupos.

As espécies foram classificadas quanto à síndrome de dispersão em anemocóricas, autocóricas, ornitocóricas e zoocóricas. As espécies ornitocóricas não estão inclusas no grupo das zoocóricas por se tratar de uma forma convencionalmente utilizada em análises quanto a síndrome de dispersão das espécies (Seitz, 1996). Espécies com ocorrência natural em formações savânicas e florestais foram classificadas como generalistas. As demais espécies encontram-se representadas em espécies de ocorrência em formações savânicas, em Mata Seca e Mata de Galeria, espécies apenas de mata de galeria, exótica ao bioma Cerrado e não encontradas na literatura (NI).

Os resultados obtidos no levantamento florístico e dendrométrico foram utilizados para o cálculo dos parâmetros abaixo:

Frequência (Dajoz, 1973)

O seu valor estimado indica o número de vezes que a espécie ocorre num dado número de amostras. Indica a dispersão média de cada espécie expressa em porcentagem, considerando o número de áreas amostrais em que determinada espécie ocorre. A frequência de cada espécie pode ser calculada de forma absoluta e/ou relativa (Felfili & Resende, 2003).

Frequência Absoluta (FA) (Dajoz, 1973)

Expressa a relação entre o número de parcelas em que determinada espécie ocorre e o número total de parcelas amostradas.

$$FA = (P_i / P) \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

onde:

P_i = número de grupos amostrais com ocorrência da espécie i ;

P = número total de grupos amostrais.

Frequência Relativa (FR) (Dajoz, 1973)

É a relação entre a frequência de cada espécie e a frequência total da amostra. Fornece uma informação a respeito da dispersão das espécies dentro da amostragem, podendo indicar se determinada espécie encontra-se em todas as áreas amostradas ou se apenas em algumas delas.

$$FR = (FA_i / FA) \times 100 \quad (\text{Equação 3})$$

onde:

FA_i = frequência absoluta da espécie i ;

FA = somatória das frequências absolutas de todas as espécies consideradas no levantamento.

Densidade Relativa (Mueller-Dumbois & Ellenberg, 1974)

A densidade relativa indica a participação de cada espécie na vegetação, em percentagem do número total de indivíduos amostrados.

$$DR (\%) = \frac{n_i}{N} \times 100 \quad (\text{Equação 4})$$

onde:

DR = densidade relativa;

n_i = número de indivíduos amostrados para a espécie i ;

N = número total de indivíduos amostrados.

Dominância Relativa (DoR) (Curtis & McIntoch, 1951)

Expressa a relação, em percentagem, da área basal total de uma espécie “i” pela área basal total de todas as espécies amostradas (G).

$$\text{DoR} = (g_i / G) \times 100 \quad (\text{Equação 5})$$

onde:

g_i = área basal total da espécie i;

G = somatório das áreas basais individuais (g_i);

$g_i = (\pi/4) * d^2$;

d = diâmetro do coleto de cada indivíduo em centímetros.

Índice de Valor de Cobertura (IVC) (Curtis & McIntoch, 1951)

Este índice é uma medida que fornece informações da importância de cada espécie no local de estudo. Seu valor máximo é 200, pois neste caso, considera apenas a densidade e a dominância relativas (DR e DoR), dando pesos iguais para o número de indivíduos e biomassa.

$$\text{IVC} = \text{DR} + \text{DoR} \quad (\text{Equação 6})$$

Índice de Valor de Importância (IVI) (Curtis & McIntoch, 1951)

Permite a caracterização da importância ou, a posição sociológica de cada espécie dentro da comunidade. É obtido através da soma dos valores relativos da densidade (DR), frequência (FR) e dominância (DoR), para cada espécie. Este índice revela a posição de cada espécie dentro da comunidade.

$$\text{IVI} = \text{DR} + \text{FR} + \text{DoR} \quad (\text{Equação 7})$$

O valor máximo da soma dos IVI's de todas as espécies consideradas em um levantamento é 300. A partir da análise de cada parâmetro que compõe o IVI pode-se compreender se a espécie é abundante ou não, se apresenta distribuição agrupada ou dispersa e também se ela possui grande área basal ou não, dando uma idéia de densidade, distribuição espacial e a dimensão de uma espécie em relação às demais (Felfili & Rezende, 2003).

A riqueza de espécies consiste no número de espécies que ocorre em determinada área, e biodiversidade inclui, além da diversidade de espécies, sua abundância e equabilidade de distribuição, bem como a diversidade de habitat's e da carga genética de cada espécie.

A diversidade pode ser classificada em três tipos, alfa, beta e gama (Whittaker, 1960, 1975). A diversidade alfa refere-se ao número de espécies dentro de áreas de amostragem, enquanto que a diversidade beta refere-se a diferenças na composição de espécies entre áreas de amostragem, e a gama, entre localidades diferentes. Os valores dos índices de diversidade alfa aumentam conforme aumenta no número de espécies e a equabilidade de distribuição dos indivíduos entre as espécies (Pires-O'Brien & O'Brien, 1995). Neste estudo, avaliou-se apenas a diversidade alfa por meio do índice de Shannon-Weaver (Shannon & Weaver, 1949).

O índice de Shannon assume que os indivíduos são amostrados de forma aleatória a partir de um conjunto infinitamente grande, assumindo também que todas as espécies estão representadas na amostra. É um índice não-paramétrico de medida de diversidade de espécies e é baseado na abundância proporcional das espécies. O cálculo se faz a partir da Equação 8:

$$H' = (-\sum_{i=1}^S p_i \cdot \ln p_i) \quad (\text{Equação 8})$$

onde:

p_i é a estimativa da proporção de indivíduos (i) encontrados de cada espécie;

\ln é o logaritmo na base n;

o somatório refere-se à soma de todos os "i" espécies da amostra (S) e

S = número total de espécies

Como em uma mostra o valor real de p_i é desconhecido e sua estimativa é feita por:

$$p_i = \frac{n_i}{N} \quad (\text{Equação 9})$$

n_i = número de indivíduos da espécie i ;
 N = número total de indivíduos da amostra.

Os valores de H' geralmente situam-se entre 1,3 e 3,5 podendo exceder 4,0 e alcançar em torno de 4,5 em ambientes florestais tropicais. A máxima diversidade que H' pode alcançar vai ser encontrada em situações onde todas as espécies sejam igualmente abundantes, ou onde $H' = H_{\max} = \ln S$ (Magurran, 2003).

Esse índice atribui maior valor às espécies raras e é um dos melhores índices para ser usado em comparações, caso não haja interesse em separar abundância de raridade (Pinto-Coelho, 2000). O valor de diversidade pode ser adotado como indicador de qualidade ambiental (Magurran, 2003).

Para verificar a uniformidade, ou equabilidade, da distribuição dos indivíduos entre as espécies na área de estudo, utilizou-se o índice de Pielou (J) (Pielou, 1975). Este índice é representado por:

$$J = \frac{H'}{\ln(S)} \quad (\text{Equação 9})$$

em que :

J = equidade de abundância de espécies

H' = diversidade de espécies, em bel

\ln = logaritmo neperiano

S = número total de espécies amostradas

Freqüência, dominância, IVI e IVC, riqueza, diversidade de Shannon – Weaver e uniformidade de Pielou, assim como os parâmetros ecológicos, foram estimados no “Software” Microsoft Excel 2003.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - ASPECTOS EDÁFICOS

4.1.1 - Parâmetros Físicos

Os resultados da análise granulométrica indicam que o substrato das covas na área da cascalheira do Aeroporto JK é argiloso, com 64% de argila, 9% de silte e 27% de areia. Há pouca diferença entre o teor de argila do substrato das covas, do Cambissolo sob Cerrado na área adjacente (67% de argila, 14% de silte e 17% de areia) e da camada superficial de Latossolo depositada sobre a cascalheira (60% de argila, 12% de silte e 28% de areia) (INFRAERO, 2005).

Cerca de 1,5 m de camada superficial de solo fora depositada sobre a cascalheira. Considerando que as covas abertas não ultrapassaram essa profundidade, as mudas plantadas estão na verdade explorando o horizonte A de um Latossolo vermelho escuro.

A Densidade Aparente (D_a) do substrato das covas da cascalheira apresentou valores maiores que o solo sob Cerrado: os valores variaram entre 1,07 a 1,16 mg.m^{-3} , enquanto o solo sob Cerrado variou entre 0,89 a 0,92 mg.m^{-3} (Figura 4.1) diferindo estatisticamente pelo teste ANOVA ($P < 0,05$). As variações de D_a entre as duas profundidades avaliadas (0-10 e 10-20 cm) dentro do mesmo perfil de solo/substrato não foram significativas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Entretanto, as D_a medidas entre 0-10 cm de profundidade diferiu significativamente entre os dois perfis analisados, onde a D_a medida no substrato das covas foi maior (1,16 mg.m^{-3}).

Rodrigues *et al.* (2007) encontraram valores de D_a superiores aos medidos neste trabalho em áreas mineradas no Cerrado (1,53 e 1,60 mg.m^{-3}). Leite *et al.* (1994), após a descompactação de um substrato minerado conseguiu reduzir a densidade aparente de 1,6 para 1,4 mg.m^{-3} em áreas mineradas no Parque Nacional de Brasília.

A compactação dos substratos minerados é um importante impedimento ao estabelecimento de plantas (Pereira, 1990; Leite *et al.*, 1992). Valores de D_a superiores a 1,4 mg.m^{-3} dificultam o crescimento radicular em solos argilosos (Arshad *et al.*, 1996) e

superiores a $1,6 \text{ mg.m}^{-3}$ impedem o desenvolvimento das raízes (Corrêa & Mello Filho, 1998). Dessa forma, os valores de Da medidos nas covas da cascalheira do Aeroporto JK não representam fator impeditivo ao desenvolvimento das mudas plantadas no local.

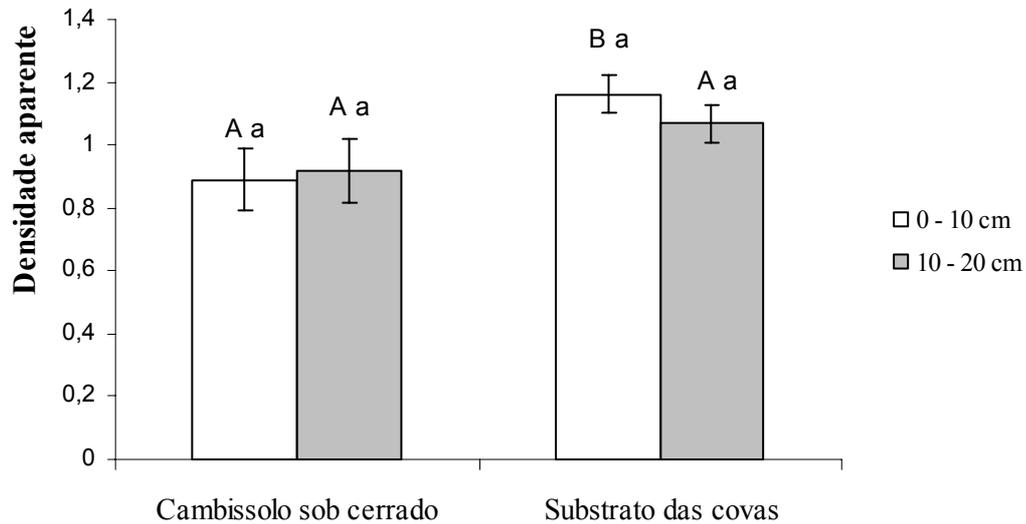


Figura 4.1 Densidade Aparente do substrato das covas da cascalheira e do Cerrado sentido restrito adjacente. Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. Letras minúsculas representam comparações dentro do mesmo perfil de solo/substrato e maiúsculas, representam a comparações entre os dois perfis.

Os valores de porosidade do Cambissolo sob Cerrado e do substrato das covas diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). O solo sob Cerrado apresentou maior porosidade total e macroporosidade, enquanto, o substrato das covas apresentou maior microporosidade (Figura 4.2). Nos Latossolos intemperizados, a compactação pode transformar parte dos macroporos em microporos (Resende *et al.*, 1999). Isso explicaria a maior quantidade de microporos no substrato da cascalheira do que no solo sob Cerrado.

A Da pode ser interpretada como uma medida da porosidade do solo, pois quanto maior for o seu valor, menor será a quantidade de espaços vazios (Mello *et al.*, 1984). Se há menor quantidade de macroporos no substrato das covas, a infiltração de água será menor. Isso pode restringir o desenvolvimento radicular de espécies que necessitam de solos bem drenados. Latossolos, de um modo geral, quando suportam Cerrado sentido restrito, são profundos e bem drenados, e não apresentam restrições ao crescimento radicular das árvores (Haridasan, 2005a). Klein & Camara (2007), consideram o limite mínimo de microporosidade de 10%, para garantir a aeração das raízes logo, este fator também não

apresenta impedimento ao estabelecimento das espécies introduzidas nas covas da cascalheira deste estudo.

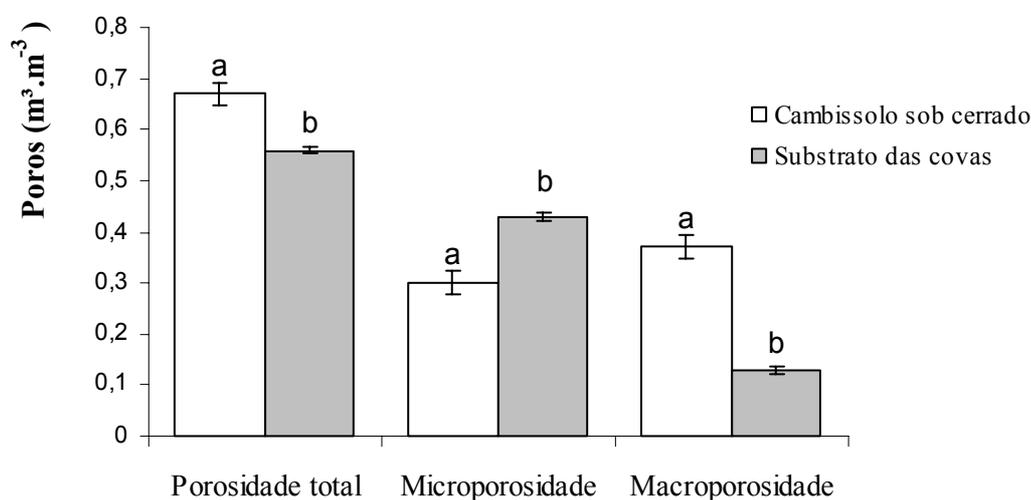


Figura 4.2 Porosidade total, macroporosidade e microporosidade do substrato das covas da cascalheira e do solo sob Cerrado. Médias seguidas de mesma letra para cada parâmetro não diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

A resistência do solo à penetração é um índice integrado pela densidade do solo, textura, matéria orgânica e umidade (Camargo & Alleoni, 1997; Imhoff *et al.*, 2000; Tormena *et al.*, 2004; Ribon & Tavares Filho, 2004). Corresponde a uma propriedade física que influencia diretamente o crescimento das raízes das plantas (Letey, 1985) e é também o melhor indicador de compactação do solo (Mendes, 1989). Maiores densidades estão diretamente correlacionadas ao aumento na resistência (Beltrame *et al.*, 1981; Castro, 1995; Borges *et al.*, 1999), assim como, o potencial de água no solo (Beltrame *et al.*, 1981; Correchel *et al.*, 1997; Tormena *et al.*, 1998). O aumento da compactação implica menor volume de água disponível às plantas e conseqüentemente, na diminuição da biomassa aérea (Mendes, 1989).

Os resultados de resistência à penetração indicam que a camada superficial de Latossolo depositada sobre a cascalheira apresenta maior compactação que o substrato das covas e o solo sob Cerrado em algumas profundidades (Figura 4.3). A compactação verificada na camada superficial da cascalheira supera a do solo sob Cerrado em 60% aos 15 cm de

profundidade diferindo significativamente pelo teste LSD de Fisher ($P < 0,05$). No entanto, foi entre as profundidades de 25 e 30 cm que se verificou a maior compactação na camada superficial, chegando a 3,32 MPa, e entre 30 e 35 cm no substrato das covas onde foi verificada uma resistência média de 3,08 MPa. Embora os valores médios de resistência à penetração mensurados no Cambissolo sob Cerrado não tenha atingido esses valores, os mesmos não diferem significativamente pelo teste LSD de Fisher ($P < 0,05$) (Tabela 4.1).

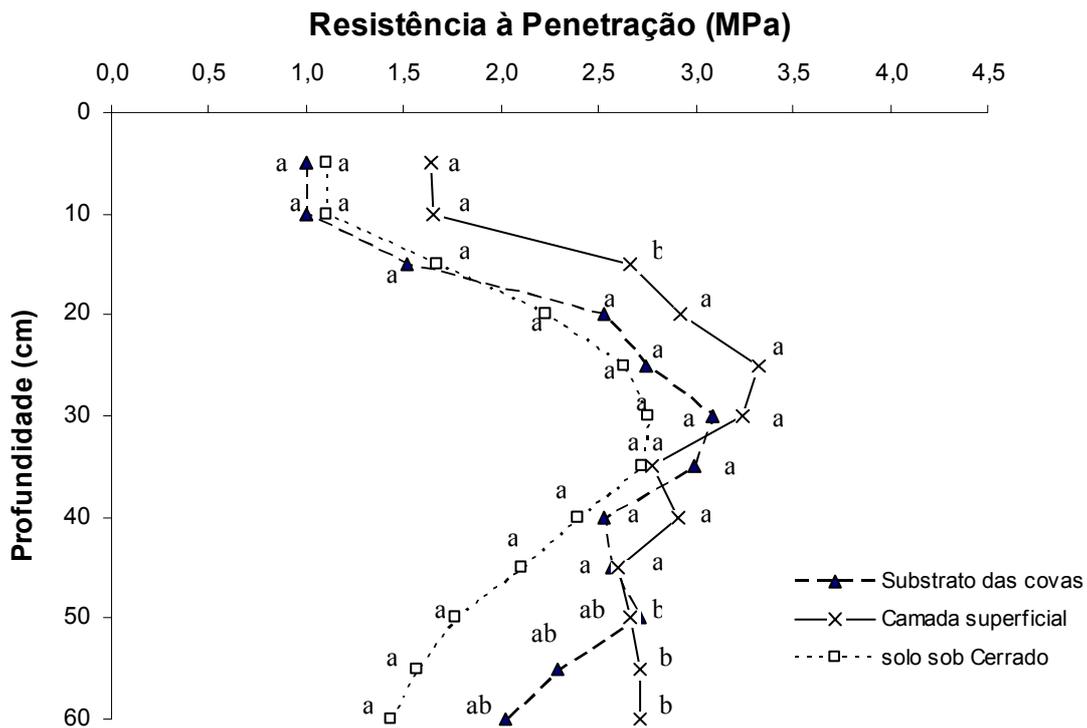


Figura 4.3. Resultados médios de resistência à penetração no substrato das covas da cascalheira, da camada superficial e do solo sob cerrado (Cambissolo). Médias seguidas de mesma letra na mesma profundidade não diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo Teste LSD de Fisher.

Resistências a partir de 2 MPa têm sido considerado por diversos autores como o ponto crítico que restringe o crescimento das raízes e parte aérea de espécies cultivadas (Beutler & Centurion, 2003; Nesmith, 1987; Taylor *et al.*, 1966). Outros autores consideram 2,5 MPa como valores limitantes ao desenvolvimento dessas espécies (Torres & Saraiva, 2001; Camargo & Alleoni, 1997). No que se refere às espécies florestais tem-se adotado o valor crítico de 3 MPa (Zou *et al.*, 2000). Tomando como referência o maior desses valores, tanto a camada superficial como o substrato das covas podem potencialmente restringir o crescimento das raízes das espécies plantadas e das que eventualmente venham a colonizar

a área por meio de diásporas. Porém não seriam diferentes das restrições encontradas no solo sob Cerrado adjacente. As medições com o penetrômetro neste trabalho foram realizadas na estação chuvosa, quando a umidade do solo/substrato é mais elevada e há redução da resistência à penetração (Resck, 2005).

Tabela 4.1 – Valores médios e erro padrão das resistências mecânicas à penetração vertical aferidas no Cambissolo sob Cerrado adjacente, no substrato das covas e na camada superficial da cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília – JK.

Profundidade (cm)	Cambissolo sob Cerrado (MPa)	Substrato das covas (MPa)	Camada superficial (MPa)
0 - 5	1,10 ± 0,05 a	1,00 ± 0,07 a	1,65 ± 0,26 a
5 - 10	1,10 ± 0,05 a	1,00 ± 0,07 a	1,65 ± 0,29 a
10 - 15	1,68 ± 0,22 a	1,52 ± 0,42 a	2,66 ± 0,79 b
15 - 20	2,23 ± 0,26 a	2,53 ± 0,69 a	2,92 ± 0,25 a
20 - 25	2,63 ± 0,22 a	2,74 ± 0,85 a	3,32 ± 0,24 a
25 - 30	2,76 ± 0,15 a	3,08 ± 0,66 a	3,24 ± 0,25 a
30 - 35	2,72 ± 0,43 a	2,99 ± 0,63 a	2,78 ± 0,26 a
35 - 40	2,40 ± 0,09 a	2,53 ± 0,49 a	2,91 ± 0,40 a
40 - 45	2,10 ± 0,16 a	2,57 ± 0,33 a	2,60 ± 0,37 a
45 - 50	1,77 ± 0,16 a	2,71 ± 0,38 ab	2,66 ± 0,50 b
50 - 55	1,57 ± 0,20 a	2,29 ± 0,31 ab	2,72 ± 0,36 b
55 - 60	1,43 ± 0,15 a	2,03 ± 0,22 ab	2,72 ± 0,57 b

Médias seguidas de mesma letra na mesma profundidade não diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo Teste LSD de Fisher.

As curvas de resistência à penetração sugerem um padrão de adensamento do solo entre 10 e 40 cm de profundidade (Figura 4.3). Esse adensamento pode estar relacionado à sedimentação das argilas dispersas em água, que é influenciada diretamente pelo tipo de manejo do solo (Resck, 2005). Nos solos do Cerrado sob vegetação nativa o aumento da resistência à penetração nas camadas abaixo de 15 cm de profundidade parece ser comum (EMBRAPA, 1978; Haridasan, 1990). Leite *et al.* (1992) atribuem este fato às grandes diferenças entre as camadas A e B nos Latossolos (A de 0 - 15 cm, e B abaixo de 50 cm) em termos de estrutura do solo, dos teores de matéria orgânica e cátions bivalentes.

A compactação do solo ocasiona bruscas mudanças nas relações solo-água, principalmente, nos processos dinâmicos, tais como movimentação da água, ar e nutrientes, crescimento radicular das plantas e na difusibilidade térmica ao longo do perfil (Canalli & Roloff, 1997). As características físicas do solo são interdependentes, sendo que a modificação de

uma delas normalmente leva à modificação de todas as demais (Vieira, 1985). Além disso, as raízes utilizam maior quantidade de O₂ ao penetrarem nas camadas compactadas (Miller, 1986).

Considerando que as raízes podem penetrar solos compactados através de fendas ou regiões de menor resistência, Dexter (1986a) sugeriu que as monocotiledôneas teriam uma vantagem sobre as dicotiledôneas, em consequência do sistema radicular das primeiras, que é fasciculado. Uma vez que as monocotiledôneas possuem maior número de eixos radiculares e que em geral, as raízes laterais possuem diâmetros menores que as raízes principais, isso aumentaria ainda mais a probabilidade de penetração (Dexter, 1986b). Sendo assim, a espécie *Brachyaria* spp. presente na cascalheira, estaria levando vantagem sobre as espécies arbóreas plantadas, no que diz respeito a exploração dos recursos do solo.

4.1.2 - Parâmetros Químicos

Matéria Orgânica

Um dos maiores impedimentos ao estabelecimento de plantas em substratos minerados são os baixos teores de matéria orgânica (M.O) que esses materiais apresentam (Corrêa, 2006). A M.O melhora as condições físicas de solos, é substrato para microrganismos e fauna de solo, fornece nutrientes para as plantas e eleva a capacidade de troca catiônica - CTC do meio (Casagrande *et al.*, 2006; Primavesi, 1981). Em regiões de clima tropical, a matéria orgânica é responsável por até 90% da CTC do solo (Tomé Jr., 1997). Raij (1969) verificou nas camadas superficiais de diversos solos agrícolas do estado de São Paulo que a CTC da matéria orgânica representa 70% da CTC total do solo. Valor semelhante foi obtido por Reis-Duarte (2004) em solo de restinga.

O teor médio de M.O encontrado no substrato das covas da cascalheira (2,52%) é considerado médio e na camada superficial e no solo sob Cerrado, alto (3,47% e 3,38% respectivamente) (Tabela 4.2), para solos com 60% de argila (Mello, 1984; Tomé Jr., 1997). Sousa & Lobato (2002) consideram adequados entre 3,1% a 4,5% o teor de M.O em solos argilosos do Cerrado. Segundo Corrêa *et al.* (2004), os substratos minerados no Distrito Federal apresentam teores de matéria orgânica inferiores a 1%, sendo necessário

aumentar esse valor para no mínimo 2%, quando se intencionar revegetar uma área minerada com sucesso (Corrêa, 2006).

A quantidade de M.O. presente nas covas da cascalheira é insuficiente, pelos critérios de Sousa & Lobato (2002). Entretanto, 2,52% de M.O no substrato supera o limite mínimo estabelecido por Corrêa (2006) para o sucesso da revegetação de áreas mineradas. A incorporação de M.O em áreas severamente impactadas parece ser, entre as possíveis medidas de manejo de substratos, uma das de maior relevância para a recuperação. Leite *et al.* (1994) utilizaram diferentes tipos de M.O em substratos minerados no Distrito Federal e conseguiram elevar o pH de 5,4 para 6,6 e 6,9. Isso aumentou substancialmente a disponibilidade de fósforo, potássio, cálcio e magnésio no material exposto, proporcionando a colonização de setenta espécies de plantas. Esses autores concluíram que a cobertura vegetal variou conforme a fonte de M.O. utilizada.

Tabela 4.2 - Atributos químicos medidos na camada superficial depositada sobre a área (INFRAERO, 2005), no substrato das covas e no solo sob Cerrado.

Atributo	Camada superficial Latossolo Vermelho	Substrato das covas	Cerrado Cambissolo
pH	4,26 a	5,83 b *	4,99 c
M.O %	3,47 a	2,52 a	3,38 a
P-disponível (mg.dm⁻³)	0,37 a	2,93 b*	0,83 a
K⁺ (mg.dm⁻³)	24,76 a	25,41 a	24,37 a
Ca²⁺ (cmol_c.dm⁻³)	0,63 a	1,57 b *	0,12 a
Mg²⁺ (cmol_c.dm⁻³)	0,2 ab	0,32 b *	0,07 a
Fe³⁺ (mg.dm⁻³)	-----	92,1a *	46,77b
Zn²⁺ (mg.dm⁻³)	0,98 a	1,73 a	0,43 a
Cu²⁺ (mg.dm⁻³)	-----	0,98 a *	0,73 b
Mn²⁺ (mg.dm⁻³)	-----	6,15 a *	7,73 b
Al³⁺ (cmol_c.dm⁻³)	0,37 a	0,04 a	0,87 a
H⁺+Al³⁺ (cmol_c.dm⁻³)	4,55 a	3,81 a	6,74 a
T (cmol_c.dm⁻³)	5,44a	5,76a *	7,00b
CTC efetiva (cmol_c.dm⁻³)	1,27 ab	1,98 a *	1,12 b
V %	17,61 ab	34 a *	3,61 b
SB (cmol_c.dm⁻³)	0,90 a	1,95 b *	0,25 a
m %	38,09 a	1,87 b *	77,52 c

Médias seguidas de mesma letra para cada atributo não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P < 0,05).

pH

Os valores medidos de pH, fósforo disponível (P-disponível), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e saturação por bases foram maiores no substrato das covas da cascalheira que na camada superficial e o solo sob cerrado (Tabela 4.2). O pH da camada superficial de solo pode ser considerado fortemente ácido ($< 5,0$), o solo sob cerrado como mediamente ácido ($5,0 - 5,5$) e o substrato das covas como fracamente ácido ($5,6 - 6,9$). (De Oliveira *et al.*, 2000). A maior disponibilidade de nutrientes no solo ocorre entre pH 6,0 e 6,5. Segundo Landon (1984), existe uma relação direta entre acidez e disponibilidade de nutrientes, em que o aumento do pH para valores próximos a 6,0 proporciona maior disponibilidade de nutrientes, exceto alumínio, ferro, cobre, manganês e zinco.

Essas variações de pH e teores nutricionais, com valores mais elevados na cascalheira, devem-se provavelmente à calagem e adubação realizadas no preparo das covas para o plantio (valores não quantificados no PRAD). A adição de calcário promove também a diminuição do teor de alumínio trocável (Tomé Jr., 1997), que potencialmente beneficia o estabelecimento e desenvolvimento das espécies de Mata Seca e Mata de Galeria, utilizadas no projeto de revegetação da cascalheira.

Macronutrientes

O teor de P-disponível encontrado no substrato das covas da cascalheira ($2,93 \text{ mg.dm}^{-3}$) difere significativamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) dos valores encontrados na camada superficial de Latossolo depositada sobre a cascalheira e do solo sob Cerrado, chegando a ser três vezes maior que o último (Tabela 4.2). Uma das amostras do substrato das covas apresentou valor discrepante e foi retirada na obtenção da média. A análise dessa amostra foi repetida, mas o resultado se manteve.

Os teores de P-disponível nos solos sob Cerrado são geralmente muito baixos (Sousa *et al.*, 2004), especialmente nos Latossolos, que apresentam elevados teores de óxido de ferro e alumínio em sua constituição mineralógica. Esses minerais formam compostos estáveis e de baixa solubilidade, resultando na imobilidade de grande parte do fósforo no perfil (Casagrande *et al.*, 2006). Lopes (1983), investigando solos de Cerrado, verificou amplitude de concentração de P-disponível, que variou de 0,1 a $16,5 \text{ mg.dm}^{-3}$. O autor

definiu os teores menores que $2 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ como muito baixos e 92% dos solos de Cerrado amostrados por ele se enquadram nessa categoria. Elevar os teores de P-disponível em substratos expostos na região do Cerrado parece ser um problema devido à imobilidade deste elemento no perfil. Em áreas mineradas no DF, por exemplo, mesmo após adubação química e orgânica pôde-se verificar concentrações de P-disponível muito baixas, similares às concentrações encontradas em porções não adubadas da área (Silva, 2006; Leão, 2007).

O teor de cálcio encontrado nas covas da cascalheira ($1,57 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$) é considerado adequado até para as exigências nutricionais de culturas anuais (Sousa & Lobato, 2004) (Tabela 4.2) e é muito superior aos valores comumente encontrados em Latossolo Vermelho-Escuro sob Cerrado (Lopes, 1983). Entretanto, essas concentrações ainda estão aquém do que se encontra em solos sob Mata Seca (Silva, 2007). A concentração de Ca^{+2} no substrato das covas deferiu pelo teste de Tukey ($P < 0,01$) dos demais, em que foram constatados teores duas vezes maiores do que na camada superficial de Latossolo depositada sobre a cascalheira e mais de dez vezes superiores ao solo nativo (Tabela 4.2). Outros autores também constataram teores de cálcio inferiores aos aqui encontrados em solos sob Cerrado (Nappo, 2000; Goedert & Corrêa, 2004; Campos *et al.* 2006; Rodrigues, 2007; Marimon Junior & Haridasan, 2005b).

Quanto aos demais macronutrientes aqui avaliados, os teores de potássio trocável ($25,41 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) e magnésio ($0,32 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$) no substrato das covas são considerados baixos (Tomé Jr., 1997). Porém, são valores muito próximos aos encontrados no solo do Cerrado adjacente (Tabela 4.2). O teor de potássio encontra-se um pouco acima dos valores médios comumente encontrados em Latossolos Vermelho-Escuro sob Cerrado e o de magnésio acima dos teores máximos (Lopes, 1983). Goedert & Corrêa (2004) encontraram valores de K-trocável e Mg^{+2} em solos de Cerrado e em áreas mineradas no Distrito Federal inferiores aos encontrados nas covas da cascalheira deste trabalho. Haridasan (2000, 2005b) também obteve teores inferiores em solos sob Cerradão e Cerrado sentido restrito. Rodrigues *et al.* (2007), em um estudo sobre a dinâmica da regeneração do subsolo em substrato exposto sem qualquer vegetação, obteve também teores inferiores aos medidos neste trabalho ($11,7 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ de K^+ e $0,18 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ de Mg^{2+}). Já Leão (2007) e Silva (2006), encontraram em covas adubadas em áreas mineradas teores de K-trocável e Mg^{+2} próximos aos aqui medidos.

Os resultados encontrados sugerem que o calcário utilizado não foi dolomítico, pois os teores de magnésio no substrato das covas são muito inferiores aos de cálcio (Tabela 4.2). A deficiência em magnésio provoca clorose internerval nas folhas das plantas (Souza *et al.*, 2005), fato constatado em alguma mudas da área de estudo (Figura 4.4).

Alumínio

A aplicação de calcário no substrato das covas reduziu os teores de alumínio trocável e elevou a saturação por bases (Tabela 4.2). Esse efeito também pôde ser visto na redução da saturação por alumínio (m%), com valores de 1,9% no substrato das covas, em contraste com o solo sob cerrado, em que foi verificado o valor de 77% na saturação, nível classificado como baixo e alto respectivamente (Sousa & Lobato, 2004).

O alumínio tem sido considerado tóxico às plantas do Cerrado, e apontado como principal causador das características escleromórficas (Goodland, 1971). Atualmente, outros autores (Haridasan, 2005a, 1990) defendem que espécies nativas de Cerrado são adaptadas aos teores de alumínio do solo e, portanto, esse elemento sob concentrações naturais não seria tóxico a espécies nativas. Na verdade, existem espécies de Cerrado acumuladoras de alumínio, principalmente nas famílias Vochysiaceae, Melastomataceae e Rubiaceae, que chegam a depender da presença desse elemento para se desenvolver (Haridasan 1988, 2000).

A recuperação de áreas degradadas deve visar também à restauração da sustentabilidade ecológica e dos ciclos naturais que foram quebrados (Corrêa, 2006), dos quais fazem parte, a resiliência e a sucessão ecológica. As espécies acumuladoras de alumínio variam quanto ao grupo funcional (Lorenzi, 1998 a,b) e, portanto, participam dos processos naturais de sucessão no Cerrado. Muitas dessas espécies encontram-se presentes na APA Gama Cabeça de Veado (Andrade *et al.*, 2002; Silva Júnior, 2004; Fiedler *et al.*, 2004; Medeiros *et al.*, 2007) e, teoricamente, poderiam deixar de se estabelecer na cascalheira porque a aplicação de calcário reduziu a disponibilidade de alumínio no substrato. As espécies da família Vochysiaceae, por exemplo, possuem altos valores de índice de valor de importância (IVI) em comunidades nativas em solos distróficos (Haridasan, 2000). Tanto o substrato das covas como a camada superficial da cascalheira apresentam características de

solo distrófico, no entanto, a baixa saturação por alumínio (m%) verificada na área, potencialmente, podem impedir o estabelecimento dessas espécies.

Vários estudos têm constatado que muitas espécies de Cerrado típico não crescem em solos calcários e, ainda, apresentam manchas cloróticas na ausência de alumínio (Machado, 1985; Haridasan, 1987, 1988). Por outro lado, também há espécies que têm seu crescimento limitado pelos altos teores de alumínio e baixos teores de cálcio em solos (Valle *et al.*, 1996), algumas são restritas a solos calcários (espécies de Mata Seca), outras ocorrem apenas em solos ácidos, e uma outra parcela das espécies, são indiferentes quanto à fertilidade do solo (Ratter *et al.*, 1977, 1978).

No entanto, essa discussão norteia-se na necessidade de se alterar ou não os teores de alumínio em solos de Cerrado, uma vez que, a diminuição dos teores desse elemento favorece a entrada de espécies exóticas, e os teores naturais, representam uma vantagem competitiva para o estabelecimento de espécies nativas já adaptadas a esta condição (Haridasan, 2000).

A resposta à fertilidade do solo varia muito entre espécies adaptadas aos diferentes ambientes do bioma Cerrado, sejam formações abertas ou florestais (Valle *et al.*, 1996; Furtini Neto *et al.*, 1999a,b). Essas variações são também verificadas entre diferentes grupos funcionais, em que as espécies climáticas são, em geral, menos eficientes que as pioneiras e secundárias no aproveitamento dos macronutrientes (Furtini Neto *et al.*, 1999a). Dessa forma, a discussão sobre a condição ideal de fertilidade de substratos revegetados após a mineração deve considerar as características das espécies plantadas no local e aquelas que poderão surgir por meio da sucessão ecológica. Esse fato torna-se mais relevante ainda quando se trata de uma área degradada inserida dentro de uma Área de Proteção Ambiental, como é o caso da cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília Juscelino Kubitschek.

Ecologicamente, os principais fatores determinantes da presença do Cerrado são os solos ácidos, de baixa fertilidade e o clima estacional (Goerdert, 1987), que desempenham um papel seletivo de espécies bem adaptadas a tais condições. De acordo com Haridasan (2005a), as espécies mais abundantes no bioma Cerrado parecem ser menos exigentes em

nutrientes, por apresentarem relativamente, menores concentrações foliares e maiores números de indivíduos.

A discussão acerca da necessidade de aplicação de fertilizantes na revegetação de áreas mineradas ainda é controversa. Vários trabalhos realizados no Cerrado citam a deficiência nutricional, a baixa fertilidade e a alta saturação por alumínio como empecilhos à revegetação. Entretanto, essa abordagem, segundo vários autores, tem como referência apenas parâmetros agronômicos (Lopes & Cox, 1977; Haridasan, 2000; Sousa & Lobato, 2004). Muitas vezes a descompactação superficial do substrato e a adubação orgânica podem ser suficientes para permitir o estabelecimento e o desenvolvimento de plantas em áreas degradadas pela mineração (Leite *et al.*, 1992, 1994; Leite & Castro 2002). Quando o objetivo da recuperação é a restauração do ambiente, é de suma importância que as espécies nativas, por meio da sucessão ecológica recolonizem a área ao invés de espécies invasoras, como gramíneas, que podem comprometer a regeneração de plantas arbóreas nativas (Hoffmann & Haridasan, 2008).

Capacidade de Troca Catiônica Total (T) e efetiva (CTC)

Os valores de T foram menores no substrato das covas da cascalheira do que no solo sob Cerrado, e os valores encontrados para CTC efetiva foram maiores no substrato das covas (Tabela 4.2). Isso provavelmente está relacionado à calagem nas covas. Os valores de T e CTC encontrados no substrato das covas e na camada superficial depositada sobre a cascalheira são considerados muito baixos, atingindo valores para solos ácidos (Ker & Novais, 2003; Embrapa, 1999). Solos ácidos possuem predominantemente argilas de baixa atividade, que permitem somente uma pequena reserva de nutrientes para as plantas. A baixa CTC efetiva é também um indicativo de um grande potencial para a lixiviação de cátions, sendo por tanto, um solo inapropriado ao desenvolvimento das plantas e que requer maiores medidas de manejo (Lopes, 1983).

Os baixos valores de CTC efetiva são indicativos do alto grau de intemperização da camada superficial de Latossolo depositado sobre a cascalheira. A CTC efetiva não considera os valores de H^+ e, sendo assim, ele é o único cátion considerado não trocável pelo solo. Os íons H^+ são apenas removidos pela neutralização com OH^- formando a

molécula de água (Tomé Jr., 1997). Se a maior parte da CTC do solo está ocupada por cátions essenciais, tais como Ca^{+2} , Mg^{+2} e K^{+} , pode-se dizer o solo é mesotrófico/eutrófico, que são nutricionalmente férteis para as plantas. Porém, se grande parte das cargas negativas do solo estiverem ocupadas por cátions potencialmente tóxicos, tais como H^{+} e Al^{+3} , sobrarão poucas cargas negativas para serem ocupadas por cátions essenciais. Isso torna o solo distrófico (Tomé Jr., 1997). A comparação dos valores da CTC efetiva e T (Tabela 4.2) mostra que a maior parte da capacidade de troca catiônica medida deve-se à acidez potencial ($\text{H}^{+} + \text{Al}^{+3}$). Esse fato é ainda mais evidente no Cambissolo sob Cerrado na área adjacente.

Os valores encontrados para saturação por bases - V% (Tabela 4.2) indicam que a camada superficial depositada sobre a cascalheira e o Cambissolo sob o Cerrado são dominados pela acidez, sendo considerados como valores muito baixos, enquanto o substrato das covas é considerado baixo (Lopes, 1983). Os valores da CTC efetiva representam apenas 33% da T para o substrato das covas. Trata-se de um material distrófico (Tomé Jr., 1997). Os baixos valores de CTC efetiva do substrato das covas também indicam necessidade de melhor manejo do substrato.

Micronutrientes

Dos cerca de doze micronutrientes comumente considerados em fertilidade do solo, o zinco é o que mais apresenta deficiência em solos de Cerrado. Em seguida, boro, cobre e manganês (Malavolta & Kliemann, 1985, Sousa & Lobato, 2004). Apesar de deficiente em solos de Cerrado sob condições naturais, a concentração de zinco é alta no substrato das covas da cascalheira ($1,73 \text{ mg.dm}^{-3}$) (Raij *et al.*, 1996), sendo três vezes maior do que o encontrado no solo do Cerrado adjacente (Tabela 4.2). As concentrações de cobre ($0,98 \text{ mg.dm}^{-3}$) e manganês ($6,15 \text{ mg.dm}^{-3}$) no substrato das covas podem ser consideradas altas, mesmo para solos agrícolas (Sousa & Lobato, 2004). No solo sob Cerrado os valores desses mesmos nutrientes (Tabela 4.2) também se incluem na classificação de teores altos.



Figura 4.4 - Clorose internerval nas folhas de *Inga laurina*, espécie amostrada na cascalheira do Aeroporto de Brasília na fase de reflorestamento.

4.2 - ASPECTOS FLORÍSTICOS

4.2.1 - Suficiência amostral

As curvas de rarefação indicam que os novecentos indivíduos amostrados nos nove grupos foram suficientes para a representação da comunidade de árvores introduzida na cascalheira do Aeroporto JK (Figuras 4.5 e 4.6). A Figura 4.5, calculada para riqueza, tende a estabilizar ao final da amostragem, enquanto a Figura 4.6, estimada para diversidade de espécies, torna-se estável a partir de duzentos indivíduos amostrados. As curvas pontilhadas representam o intervalo de confiança a 95% de probabilidade. Observa-se ao final da curva de amostragem que as linhas pontilhadas tornam-se mais próximas da principal. Isso representa menor erro padrão e maior confiabilidade dos resultados apresentados.

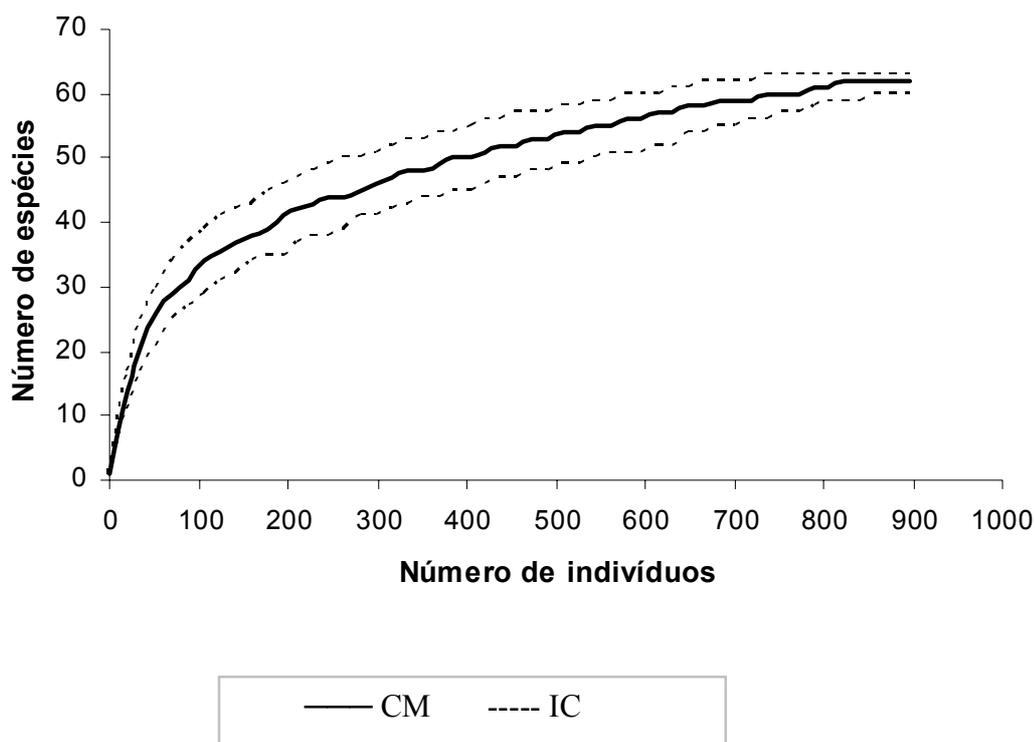


Figura 4.5 - Curva de rarefação com valores medianos de riqueza de espécies e os limites de confiança (95%) para a amostragem realizada na cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília JK. CM- curva média, IC – limites para o intervalo de confiança inferiores e superiores.

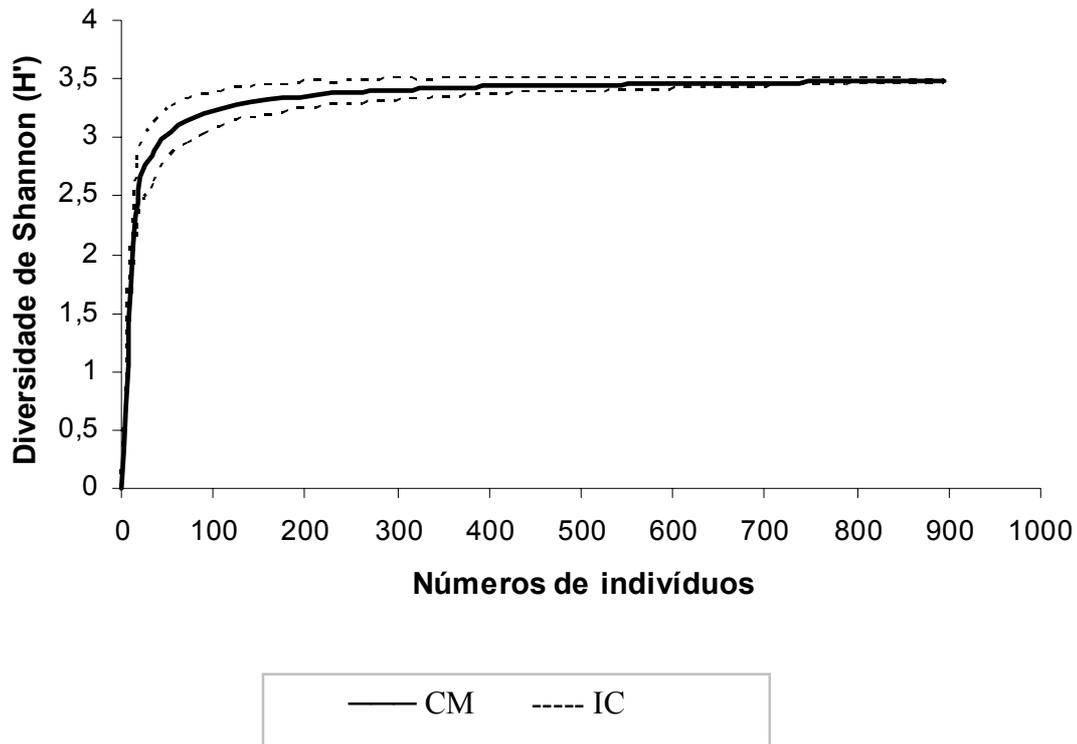


Figura 4.6 - Curva de rarefação com valores medianos de diversidade (H') de espécies e os limites de confiança (95%) para a amostragem realizada na cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília JK. CM - curva média, IC - limites para o intervalo de confiança inferiores e superiores.

Os primeiros cem indivíduos amostrados (primeiro grupo amostral) representaram 52% de todas as espécies encontradas na cascalheira, chegando a 82% quando quatrocentos indivíduos foram amostrados. Os quinhentos indivíduos seguintes representaram apenas 18% (treze espécies) da riqueza de espécies existente na cascalheira.

Dentre as espécies não identificadas *in situ*, apenas uma não foi identificada e encontra-se depositada no herbário da Universidade de Brasília e outros dois indivíduos, por encontrarem-se em estado de rebrota, não puderam ser identificados e nem coletados, por tanto, não foram apresentados nas tabelas de parâmetros ecológicos (Tabela 4.2 e 4.3).

4.2.2 - Composição Florística

Foram encontradas 63 espécies de 50 gêneros e 27 famílias (Tabela 4.3 e 4.4) durante o levantamento florístico na área. A família mais representada foi Fabaceae, com doze gêneros e quinze espécies. As espécies da família Fabaceae reúnem os maiores índices de

valor de importância (IVI) e de valor de cobertura (IVC), seguida de Bignoniaceae (oito espécies), Verbenaceae (uma espécie) e Malvaceae (seis espécies). Essas quatro famílias são responsáveis por quase 40% da riqueza na cascalheira (Tabela 4.4).

Tabela 4.3 - Estimativa dos parâmetros da composição florística das espécies amostradas na cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília JK em ordem decrescente do valor de importância (IVI).

Espécies	n	DR	FA	FR	DoR	IVI	IVC
<i>Aegiphila lhotskiana</i> Cham.	68	7,57	88,89	4,17	22,21	33,95	29,78
<i>Piptadenia communis</i> Benth	76	8,46	77,78	3,65	12,63	24,73	21,09
<i>Ceiba speciosa</i> (A. St.-Hil.) Ravenna	39	4,34	77,78	3,65	15,93	23,92	20,27
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	54	6,01	88,89	4,17	4,81	14,99	10,82
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	49	5,46	100,00	4,69	4,26	14,41	9,72
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	47	5,23	44,44	2,08	5,82	13,14	11,05
<i>Tabebuia rosealba</i> (Ridl.) Sandwith	39	4,34	77,78	3,65	4,36	12,35	8,70
NI	40	4,45	55,56	2,60	5,23	12,29	9,68
<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl.	34	3,79	55,56	2,60	3,42	9,81	7,20
<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore	26	2,90	88,89	4,17	2,29	9,35	5,19
<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) G. Nicholson	33	3,67	77,78	3,65	1,49	8,81	5,16
<i>Psidium myrsinoides</i> O. Berg	41	4,57	44,44	2,08	1,61	8,26	6,17
<i>Solanum lycocarpum</i> A. St.-Hil.	18	2,00	55,56	2,60	2,54	7,15	4,55
<i>Alibertia macrophylla</i> K. Schum.	24	2,67	55,56	2,60	1,54	6,81	4,21
<i>Terminalia argentea</i> Mart.	20	2,23	77,78	3,65	0,86	6,73	3,08
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reissek	29	3,23	44,44	2,08	0,69	6,00	3,92
<i>Triplaris gardneriana</i> Wedd.	18	2,00	33,33	1,56	2,41	5,98	4,42
<i>Cordia</i> sp.	15	1,67	66,67	3,13	1,05	5,84	2,72
<i>Sterculia striata</i> A. St.-Hil. & Naudin	22	2,45	55,56	2,60	0,78	5,83	3,23
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott ex Spreng.	16	1,78	55,56	2,60	1,17	5,55	2,95
<i>Inga edulis</i> Mart.	16	1,78	44,44	2,08	1,10	4,97	2,89
<i>Pseudobombax tomentosum</i> (C. Martius & Zuccarini) Robyns	20	2,23	33,33	1,56	0,91	4,70	3,14
<i>Terminalia fagifolia</i> Mart.	14	1,56	44,44	2,08	0,51	4,15	2,07
<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	20	2,23	22,22	1,04	0,65	3,92	2,88
<i>Psidium guineense</i> Sw.	10	1,11	44,44	2,08	0,08	3,28	1,19
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	8	0,89	44,44	2,08	0,04	3,01	0,93
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	6	0,67	44,44	2,08	0,09	2,84	0,75
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	12	1,34	22,22	1,04	0,45	2,83	1,79
<i>Luehea divaricata</i> Mart.	9	1,00	22,22	1,04	0,51	2,55	1,51
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	11	1,22	22,22	1,04	0,20	2,47	1,43
<i>Tabebuia chrysotricha</i> (Mart. ex A. DC.) Standl.	6	0,67	33,33	1,56	0,08	2,31	0,75
<i>Terminalia phaeocarpa</i> Eichler	3	0,33	33,33	1,56	0,01	1,91	0,34
<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.	4	0,45	22,22	1,04	0,03	1,52	0,48
<i>Magonia pubescens</i> A. St.-Hil.	4	0,45	22,22	1,04	0,02	1,50	0,46
<i>Anacardium occidentale</i> L.	4	0,45	22,22	1,04	0,01	1,50	0,45
<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	2	0,22	22,22	1,04	0,01	1,27	0,23
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O. Berg	2	0,22	22,22	1,04	0,01	1,27	0,23
<i>Cydistax antisiphilitica</i> (Mart.) Mart.	4	0,45	11,11	0,52	0,01	0,97	0,45
<i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl.	3	0,33	11,11	0,52	0,02	0,88	0,35
<i>Sclerolobium paniculatum</i> Vogel	3	0,33	11,11	0,52	0,01	0,87	0,35
<i>Mimosa foliolosa</i> Benth.	2	0,22	11,11	0,52	0,08	0,82	0,30

Continua...

Espécies	n	DR	FA	FR	DoR	IVI	IVC
<i>Mimosa clausenii</i> Benth.	2	0,22	11,11	0,52	0,05	0,79	0,27
<i>Margaritaria nobilis</i> L. f.	2	0,22	11,11	0,52	0,01	0,75	0,23
<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart.	2	0,22	11,11	0,52	0,00	0,75	0,22
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	2	0,22	11,11	0,52	0,00	0,74	0,22
<i>Enterolobium ellipticum</i> Benth.	2	0,22	11,11	0,52	0,00	0,74	0,22
<i>Piper</i> sp. L.	1	0,11	11,11	0,52	0,01	0,64	0,12
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	1	0,11	11,11	0,52	0,01	0,64	0,12
<i>Machaerium opacum</i> Vogel	1	0,11	11,11	0,52	0,00	0,64	0,12
<i>Zeyheria montana</i> Mart.	1	0,11	11,11	0,52	0,00	0,64	0,12
<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	1	0,11	11,11	0,52	0,00	0,63	0,11
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	1	0,11	11,11	0,52	0,00	0,63	0,11
<i>Ouratea hexasperma</i> (A. St.-Hil.) Baill.	1	0,11	11,11	0,52	0,00	0,63	0,11
<i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax	1	0,11	11,11	0,52	0,00	0,63	0,11
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	1	0,11	11,11	0,52	0,00	0,63	0,11
<i>Plenckia populnea</i> Reissek	1	0,11	11,11	0,52	0,00	0,63	0,11
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	1	0,11	11,11	0,52	0,00	0,63	0,11
<i>Luehea grandiflora</i> Mart.	1	0,11	11,11	0,52	0,00	0,63	0,11
<i>Erythroxylum suberosum</i> A. St.-Hil.	1	0,11	11,11	0,52	0,00	0,63	0,11
<i>Aspidosperma</i> ser. <i>macrocarpum</i> Woodson	1	0,11	11,11	0,52	0,00	0,63	0,11
<i>Curatella americana</i> L.	1	0,11	11,11	0,52	0,00	0,63	0,11
<i>Roupala montana</i> Aubl.	1	0,11	11,11	0,52	0,00	0,63	0,11
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	1	0,11	11,11	0,52	0,00	0,63	0,11
TOTAIS	898	100	2133,33	100	100	300	200

Legenda: Índice de Valor de Cobertura (IVC). n- número de indivíduos, DR- densidade relativa %, FA- Frequência absoluta % , FR- frequência relativa %, DoR- dominância relativa %. NI = espécie não identificada.

Tabela 4.4 - Somatório dos parâmetros da composição florística em ordem de índice de valor de importância (IVI) das famílias representadas pelas espécies amostradas na cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília JK.

Família/espécie	n	FR	IVI	IVC
Fabaceae	251	21,88	75,31	53,44
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan				
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.				
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.				
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.				
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong				
<i>Enterolobium ellipticum</i> Benth.				
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne				
<i>Inga edulis</i> Mart.				
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.				
<i>Machaerium opacum</i> Vogel				
<i>Mimosa clausenii</i> Benth.				
<i>Mimosa foliolosa</i> Benth.				
<i>Piptadenia communis</i> Benth.				
<i>Pterogyne nitens</i> Tul.				
<i>Sclerolobium paniculatum</i> Vogel				
Bignoniaceae	113	15,10	35,94	20,84
<i>Cybistax antisyphilitica</i> (Mart.) Mart. ex A. DC.				
<i>Tabebuia aurea</i> Benth. & Hook. f. ex S. Moore				
<i>Tabebuia chrysotricha</i> (Mart. ex A. DC.) Standl.				
<i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl.				
<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith				
<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) G. Nicholson				
<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth				
<i>Zeyheria montana</i> Mart.				
Verbenaceae	68	4,17	33,95	29,78
<i>Aegiphila lhotskiana</i> Cham.				
Malvaceae	98	9,38	26,36	16,98
<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl.				
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.				
<i>Luehea divaricata</i> Mart.				
<i>Luehea grandiflora</i> Mart.				
<i>Pseudobombax tomentosum</i> (C. Martius & Zuccarini) Robyns				
<i>Sterculia striata</i> A. St.-Hil. & Naudin				
Bombacaceae	39	3,65	23,92	20,27
<i>Ceiba speciosa</i> (A. St.-Hil.) Ravenna				
Anacardeaceae	71	9,38	22,73	13,35
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi				
<i>Anacardium occidentale</i> L.				
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott ex Spreng.				
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão				
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.				
Myrtaceae	53	5,21	12,81	7,60
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O. Berg				
<i>Psidium guineense</i> Sw.				
<i>Psidium myrsinoides</i> O. Berg				

Continua...

Família/espécie	n	FR	IVI	IVC
Combretaceae	37	7,29	12,79	5,50
<i>Terminalia argentea</i> Mart.				
<i>Terminalia fagifolia</i> Mart.				
<i>Terminalia phaeocarpa</i> Eichler				
Solanaceae	18	2,60	7,15	4,55
<i>Solanum lycocarpum</i> A. St.-Hil.				
Rubiaceae	24	2,60	6,81	4,21
<i>Alibertia macrophylla</i> K. Schum.				
Rhamnaceae	29	2,08	6,00	3,92
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reissek				
Polygonaceae	18	1,56	5,98	4,42
<i>Triplaris gardneriana</i> Wedd.				
Boraginaceae	15	3,13	5,84	2,72
<i>Cordia</i> sp. L.				
Sapindaceae	8	2,08	3,02	0,94
<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.				
<i>Magonia pubescens</i> A. St.-Hil.				
Apocynaceae	3	1,04	1,38	0,34
<i>Aspidosperma</i> ser. <i>macrocarpum</i> Woodson				
<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart.				
Euphorbiaceae	3	1,04	1,38	0,34
<i>Margaritaria nobilis</i> L.f.				
<i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax				
Clusiaceae	2	1,04	1,27	0,23
<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.				
Piperaceae	1	0,52	0,64	0,12
<i>Piper</i> sp. L.				
Caryocaraceae	1	0,52	0,63	0,11
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.				
Celastraceae	1	0,52	0,63	0,11
<i>Plenckia populnea</i> Reissek				
Dilleniaceae	1	0,52	0,63	0,11
<i>Curatella americana</i> L.				
Erythroxylaceae	1	0,52	0,63	0,11
<i>Erythroxylum suberosum</i> A. St.-Hil.				
Nyctaginaceae	1	0,52	0,63	0,11
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell				
Ochnaceae	1	0,52	0,63	0,11
<i>Ouratea hexasperma</i> (A. St.-Hil.) Baill.				
Proteaceae	1	0,52	0,63	0,11
<i>Roupala montana</i> Aubl.				

Legenda: n = número de indivíduos, FR = frequência relativa (%), IVC = Índice de Valor de Cobertura.

Tabela 4.5 - Características ecológicas das espécies arbóreas amostradas no levantamento florístico da cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília.

RAD	Espécie	nome popular	Local de ocorrência	GE	Disp.	RF
	<i>Aegiphila lhotskiana</i> Cham.	Jenipapo de cavalo	Crr, C, MG, CSR	p	z	16,24,27
	<i>Alibertia macrophylla</i> K. Schum.	marmelada-de-cachorro	MG	----	z	4,10,21,26
*	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Cajuzeiro	CS, C, CSR	h	at,z	17,22,27
*	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Angico-branco	MS, MG	p	an	8,17,25
*	<i>Aspidosperma</i> ser. <i>macrocarpum</i> Woodson	Guatambu do cerrado	Crr, C, CSR	h	an	2,8,27
*	<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart.	Guatambu-vermelho	MG, MS	h	-----	15,25
*	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott ex Spreng.	Gonçalo-Alves	MG, C, Crr	p-h	an	2,8,20,24,25
*	<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O. Berg	Maria preta	Crr, C, MG, CSR, CS, CC	h	o	16,27,
	<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	Pequi	Crr, C, CC, CSR, CD	c	z	2,7,27
	<i>Ceiba speciosa</i> (A. St.-Hil.) Ravenna	Barriguda	MA, MS	st	an	15,24
*	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Copatiba	Crr, C, MG, CSR, MS	s,c	o	3,8,13,27
	<i>Cordia</i> sp. L.	----	C, MG	----	-----	8,22
*	<i>Curatella americana</i> L.	Lixeira	Crr, CC, CS	h	z	8,27
	<i>Cybistax antisyphilitica</i> (Mart.) Mart. ex A. DC.	Ipê verde	Crr, C, MG, CSR	p,s-h	an	8,16,24,27
*	<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	Jacarandá do cerrado	Crr, C, CSR, CD	p-h	an	2,7,8,19,27
	<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.		MG, MS	p	z	15,17,25
*	<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	Faveira do campo	Crr, CSR, cp, CD	p-h	z	2,7,8,27
	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	Tamboril	C	p,st-h	z	6,8,11,25
	<i>Enterolobium ellipticum</i> Benth.	Orelha-de-negro	C, CC	c	z	16
*	<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl.	Paineira do cerrado	Crr, C, MG, CSR	s	an;o	2,7,24,27
*	<i>Erythroxylum suberosum</i> A. St.-Hil.	Cabelo de nego	CSR, CS, Crr	----	o	8,27
*	<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	Caparrosa	CS, CC, CR, CSR, Crr, MG	----	z	8,19,27
	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Mutamba	Crr, C, MG	p,s	at	7,15,20,24
*	<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	Jatobá do cerrado	Crr, C, CS, CC, CSR	p,s,c-h	z	2,8,24,27
	<i>Inga edulis</i> Mart.	ingá-cipó	Cp, Flp	p	z	16
	<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	ingá-branco	MG, MS	h	z	15,22
	<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	Pau santo	CS, MG, CSR, Cp	p-h	an	8,19,27
	<i>Luehea divaricata</i> Mart.	açoita-cavalo	MS, MG, MC	h	an	15,24,25

 Continua....

RAD	Espécie	nome popular	Fisionomia	GE	Disp.	RF
*	<i>Luehea grandiflora</i> Mart.	mutamba-preta	Fl.se, C	h	an	3,15
*	<i>Machaerium opacum</i> Vogel	Jacarandá cascudo	C, CS, CC, CSR, MG	p,s-h	an	7,8,16,24,27
	<i>Magonia pubescens</i> A. St.-Hil.	Tigui	Ctrl, C, MS	si	an	15,27
	<i>Margaritaria nobilis</i> L.f.	Figueirinha	L, Fl.A	p	at;z	12,18,28
*	<i>Mimosa clausenii</i> Benth.	Mimosa	CSR, CC, CS	p	an;z	7,27
	<i>Mimosa foliolosa</i> Benth.	-----	C	-----	-----	17
*	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	Aroeira	CAA, Ctrl, C, MS	s,c	an	2,7,8,25
*	<i>Ouratea hexasperma</i> (A. St.-Hil.) Baill.	Vassoura de bruxa	CS, CC, CSR, MG, Ctrl	s	o	8,19,27
	<i>Piper</i> sp. L.	-----	-----	p	z	3
	<i>Piptadenia communis</i> Benth.	Pau-jacaré	MA, Ca	h	an	15
*	<i>Plenckia populnea</i> Reissek	Marmelo do cerrado	CS, CC, CSR, CD	p-h	an	7,8,27
	<i>Pseudobombax tomentosum</i> (C. Martius & Zuccarini) Robyns	Embiruçu	Ctrl, C, MG, CSR, MS	c	an	3,16,27
	<i>Psidium guineense</i> Sw.	Araçá-do-campo	generalista	-----	o	5
*	<i>Psidium myrsinoides</i> O. Berg	Araça	CSR, CR	c	o	16,27
	<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	Amendoim-bravo	C	p	an	1,17,24
	<i>Rhannidium elaeocarpum</i> Reissek	Cafezinho	Ctrl, C, MG, CSR	h	o	15,24
*	<i>Roupala montana</i> Aubl.	carne de vaca	MG, CSR	s	an	7,8,19,27
	<i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax	Pau-de-leite	FLom	si	at	15
*	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Aroeira-pimenteira	Ctrl, MT	p	z	3,8,17
*	<i>Sclerolobium paniculatum</i> Vogel	Carvoeiro	Ctrl, C, MG, CSR, CD	p	an	7,8,9,16,27
*	<i>Solanum lycocarpum</i> A. St.-Hil.	Lobeira	C, cp, CSR	p-h	at;z	7,8,16,27,29
	<i>Sterculia striata</i> A. St.-Hil. & Naudin	chichá-do-cerrado	MS, C	h	at;z	15,17,22,25
	<i>Tabebuia aurea</i> Benth. & Hook. f. ex S. Moore	Caráiba	CAA, C, MG, CSR	h	an	16,27
	<i>Tabebuia chrysostricha</i> (Mart. ex A. DC.) Standl.	Ipê-amarelo	MG, MS	s	an	16
*	<i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl.	Ipê amarelo	MG, MS, CSR	s,c	an	8,27
	<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	Ipê branco	MC, MS	s,c	-----	8,25
*	<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) G. Nicholson	Pau d'arco	C, MC, CSR	h	an	8,27
*	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Pombeiro	Ctrl, MG, Vz.	p-h	z	8,11,15
	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	Ipê-de-jardim	México e EUA	h - i	an	14
*	<i>Terminalia argentea</i> Mart.	Capitão do cerrado	Cp; Ctrl, C, MG, CSR, MS	s,c	an	8,15,23,27
	<i>Terminalia fagifolia</i> Mart.	Orelha de cachorro	Ctrl, C, MG, MS, CSR	s	an	2,16,27

Continua...

RAD	Espécie	nome popular	Fisionomia	GE	Disp.	RF
	<i>Terminalia phaeocarpa</i> Eichler	Capitão	MS, Crr	p	an	26
	<i>Triplaris gardneriana</i> Wedd.	Pau-jáu	Crr, MC, MS	p	an	16
	<i>Zeyheria montana</i> Mart.	Bolsinha de pastor	CS, CC, CSR	-----	an	27

Legenda: RAD = espécies recomendadas para áreas degradadas, marcadas com * ; GE = grupo Ecológico; Disp. = síndrome de dispersão; RF = referências Bibliográficas; MG = mata de galeria; C= Cerrado; Crr = campo sujo; MC = mata seca; MS = mata ciliar; MT = mata; CAA = caatinga; Cp = fisionomia campestre; CSR = cerrado sentido restrito; CC= campo cerrado; CD = cerrado distrofico; CR = campo rupestre; Vz = várzea; Fl.p = floresta pluvial atlântica; Fl.A= floresta aluvial; Fl.se =floresta semidecídua; Fl.om = floresta ombrofila; MA = Mata Atlântica; L = litoral; p = pioneira; s = secundária; c = climática; si = secundária inicial; st = secundária tardia; h = heliófita; i = invasora; an = anemocórica; z = zoocórica; at = autocórica; o = ornitocórica.

Referências: 1- Aguiar *et al.*, 1993; 2- Almeida *et al.*, 1998; 3- Araújo *et al.*, 2005; 4- Berg & Oliveira-Filho, 2000; 5- Caldeira *et al.*, 2004; 6- Carvalho, 1994; 7- Corrêa & Mello Filho, 2004; 8- Corrêa, 2006; 9- Dias *et al.*, 1992; 10- Dietzsh *et al.*, 2006; 11- Duringan, 1990; 12- Guedes-Bruni *et al.*, 2006; 13- Jeller & Perez., 1997; 14- Lorenzi & Souza, 1999; 15- Lorenzi, 1998a; 16- Lorenzi, 1998b; 17- Mendonça *et al.*, 2006; 18- Moraes *et al.*, 2002; 19- Nunes *et al.*, 2002; 20- Oliveira-Filho *et al.*, 1995; 21- Paula *et al.*, 1996; 22- Proença *et al.*, 2001; 23- Ressel *et al.*, 2004; 24- Santos *et al.*, 2007; 25- Scariot & Sevilla, 2005; 26- Silva Júnior, 2004; 27- Silva Junior, 2005; 28- Talora & Morellato, 2000; 29- Vidal *et al.*, 1999.

As espécies da família Fabaceae estão entre as cinco famílias que apresentam os mais altos valores de riqueza em áreas nativas de Cerrado (Balduino *et al.*, 2005). Dentre outras, as espécies dessa família apresentam características de espécies facilitadoras da sucessão natural, pois aceleram o estabelecimento de outras espécies (Chada *et al.*, 2004). Araújo *et al.* (2005) estudaram uma área degradada pela mineração e encontrou a família Fabaceae como a família mais rica em espécies. Eles atribuíram a essas espécies a presença de outras pertencentes a estágios sucessionais mais avançados. Essa família agrega características importantes na ativação e regulação dos recursos disponíveis, permitindo o surgimento de espécies mais exigentes (Campello, 1998) por contribuir com a melhoria das condições edáficas, particularmente a fixação de nitrogênio (Araújo *et al.*, 2006). Além disso, de forma geral, essas espécies apresentam crescimento rápido, altas taxas de sobrevivência e elevada produção de biomassa, que proporcionam sombreamento e maior acúmulo de matéria orgânica e de nutrientes no substrato. Tais condições favorecem a germinação de sementes e propágulos de espécies secundárias e climácicas (Corrêa, 2006).

Dentre os cinquenta gêneros encontrados na cascalheira, *Tabebuia* foi o mais rico em espécies (cinco), seguida de *Terminalia* (três). *Aspidosperma*, *Mimosa*, *Enterolobium*, *Inga*, *Luehea* e *Psidium* apresentaram duas espécies cada, e os demais gêneros apenas uma.

Das 63 espécies levantadas na área de estudo, três respondem por 50% da dominância e 20% do total de indivíduos amostrados. Elas possuem alta frequência na cascalheira e são responsáveis pelos maiores IVI's: *Aegiphila lhotskiana*, *Piptadenia communis* e *Ceiba speciosa*. De acordo com Silva Júnior (2005), *A. lhotskiana* é comumente encontrada em fisionomias de Campo Sujo, Campo Cerrado, Cerradão e Cerrado sentido restrito, com densidade média de uma árvore a cada dez hectares. No levantamento florístico *A. lhotskiana* representou os maiores índices de IVI e IVC e teve bom desenvolvimento em diâmetro e altura quando comparada as demais espécies. *P. communis* é uma espécie nativa da Mata Atlântica e florestas semidecíduas, não ocorrendo em áreas naturais de Cerrado (Lorenzi, 1998a). Apesar de ter o maior número de indivíduos, entre todas encontradas, *P. communis* não se desenvolveu tão bem quanto *A. lhotskiana*, onde a dominância da primeira correspondeu, praticamente, a metade da segunda (Tabela 4.3). Isto pode estar relacionado com as adaptações de *A. lhotskiana* ao ambiente nativo e as condições edáficas de solo distrófico.

Já *Ceiba speciosa*, com aproximadamente a metade do número de indivíduos amostrados para *P. communis*, apresentou valores de IVC muito próximos a ela e foi mais representativa na dominância (Tabela 4.3). Apesar de *C. speciosa* ser natural de Matas Secas (Santos *et al.*, 2007), florestas primárias densas e formações secundárias (Lorenzi, 1998a), ela parece ser uma espécie promissora para recuperação de áreas degradadas, uma vez que destacou-se pelo desenvolvimento na área de estudo. Enquanto *A. lhotskiana*, espécie de maior IVI, variou entre 0,64 – 5,72cm de diâmetro ($\bar{X} = 2,39 \text{ cm} \pm 1,06$), *C. speciosa* variou entre 0,93 – 7,00 cm ($\bar{X} = 3,52 \text{ cm} \pm 1,37$). Na literatura ela é citada como espécie de rápido crescimento, atrativa de fauna (agentes polinizadores – aves e insetos), e de cultivo simples (Luca, 2002; Borges *et al.*, 1986; Pio-Corrêa & Penna, 1978).

As seis espécies seguintes, depois de *A. lhotskiana*, *P. communis* e *C. speciosa*, em ordem decrescente de IVI completam 53% do índice, são elas: *Anadenanthera colubrina*, *Myracrodruon urundeuva*, *Inga laurina*, *Tabebuia roseoalba*, NI (espécie não identificada) e *Eriotheca pubescens* (Tabela 4.3). Apenas *Myracrodruon urundeuva* esteve presente em todos os grupos amostrados. *Aegiphila lhotskiana*, *Anadenanthera colubrina* e *Tabebuia aurea* também foram bastante frequentes na amostragem, estando presentes em 80% dos grupos amostrados.

Segundo Felfili *et al.* (2002), em um hectare de Cerrado são encontrados aproximadamente entre dez e vinte espécies arbóreas muito abundantes e cinquenta pouco abundantes. Nunes *et al.* (2002), estudando áreas nativas de Cerrado sentido restrito no Distrito Federal, encontrou 8% de espécies vegetais dominantes. Distribuições heterogêneas também foram verificadas em áreas mineradas em processo de regeneração natural no Distrito Federal (Corrêa *et al.*, 2007), em que dez espécies lenhosas responderam por 52% da dominância do estrato lenhoso. Situação semelhante foi encontrada no estudo de Araújo *et al.* (2006) em Minas Gerais, mas neste caso, apenas três das espécies colonizadoras foram responsáveis por 52% da dominância. Apesar das espécies levantadas por este estudo terem sido plantadas, a distribuição da dominância entre elas indica um padrão semelhante ao de áreas naturais e aos encontrados em áreas abandonadas à sucessão, como os estudos citados acima.

A legislação ambiental brasileira exige a recuperação de áreas degradadas a uma forma de utilização predeterminada, mas não deixa claro nenhuma exigência quanto à composição

florística da revegetação da área e muito menos, quanto às condições edáficas. A Resolução SMA 47 de 26/11/2003, válida para o estado de São Paulo, fixa orientações para o reflorestamento heterogêneo de áreas degradadas, determinando a implantação de, no mínimo, oitenta espécies em Áreas de Preservação Permanente - APPs. Felfili *et al.* (2002) recomendam pelo menos quarenta espécies diferentes em projetos de recuperação no Cerrado, por questões de diversidade. Felfili & Silva Jr. (2005) em um levantamento realizado em fisionomias de Cerrado sentido restrito no Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais e Bahia encontraram uma variação de 55 a 97 espécies lenhosas por hectare, e na maioria dos locais, cerca de 60 espécies. Assim, o número de espécies levantadas na área de estudo pode ser considerado satisfatório diante da diversidade de espécies arbóreas naturalmente encontradas na região do Cerrado e também diante das recomendações de Felfili *et al.* (2002).

Modelos de recuperação de áreas degradadas têm-se tornado um tema importante e estudos para o aperfeiçoamento das técnicas de recuperação de áreas mineradas são cada vez mais necessários (Barbosa, 2006a). Muitos modelos de recuperação foram desenvolvidos a partir dos três princípios básicos estabelecidos por Kageyama (1986): a fitogeografia, a fitossociologia e a sucessão secundária (*apud* Barbosa, 2006a). Kageyama & Gandara (2004b) fizeram uma revisão dos principais modelos de revegetação utilizados na recuperação de áreas degradadas no Brasil. Os modelos mais utilizados consideram o uso de grupos ecológicos. Entretanto, os modelos baseados na síndrome de dispersão das espécies (Seitz, 1996) e os que intercalam espécies de diferentes fisionomias, considerando a disposição de mosaico da vegetação dos Cerrados, também merecem destaque (UnB/MMA/Embrapa *apud* Corrêa, 2006).

4.3 - ASPECTOS ECOLÓGICOS

4.3.1 - Ecologia das espécies

A maioria das espécies introduzidas na cascalheira do Aeroporto JK pertence ao grupo das pioneiras. Mas apesar de representarem aproximadamente 40% das espécies encontradas, essa proporção é de apenas 30% quando considerado o número de indivíduos amostrados (Figura 4.7). Para as plantas classificadas como secundárias, o número de espécies e o

número de indivíduos corresponde a 22% e 24% respectivamente. Sendo, no entanto, a maior parte das espécies classificadas como secundárias iniciais (12,7%), enquanto em porcentagem de indivíduos as espécies secundárias tardias representam 20% do total. As climácicas representaram 6% do total das espécies encontradas e 7% do total de indivíduos. No PRAD da cascalheira estava previsto o plantio de 70% de espécies pioneiras, 20% secundárias e 10% de espécies climácicas (Lago e Azevedo, 2003). Segundo Corrêa (2006), projetos de revegetação de áreas mineradas usam em geral entre 50 - 60% de espécies pioneiras, 30 e 40% de espécies secundárias e cerca de 10% de climácicas.

Espécies pioneiras produzem grande quantidade de sementes pequenas de longa viabilidade e latência, geralmente disseminadas por pássaros, morcegos ou vento. Elas apresentam ciclo de vida curto e crescimento rápido, são heliófitas e colonizam solos de baixa fertilidade (Silva *et al.*, 2004; Barbosa & Mantovani, 2000; Budowsky, 1965). São também, mais eficientes no uso de nutrientes fornecidos pela adubação (Poggiani & Schumacher, 2004). Em uma área degradada pela mineração em Minas Gerais, por exemplo, 80% das espécies colonizadoras eram pioneiras e secundárias iniciais (Araújo, 2005).

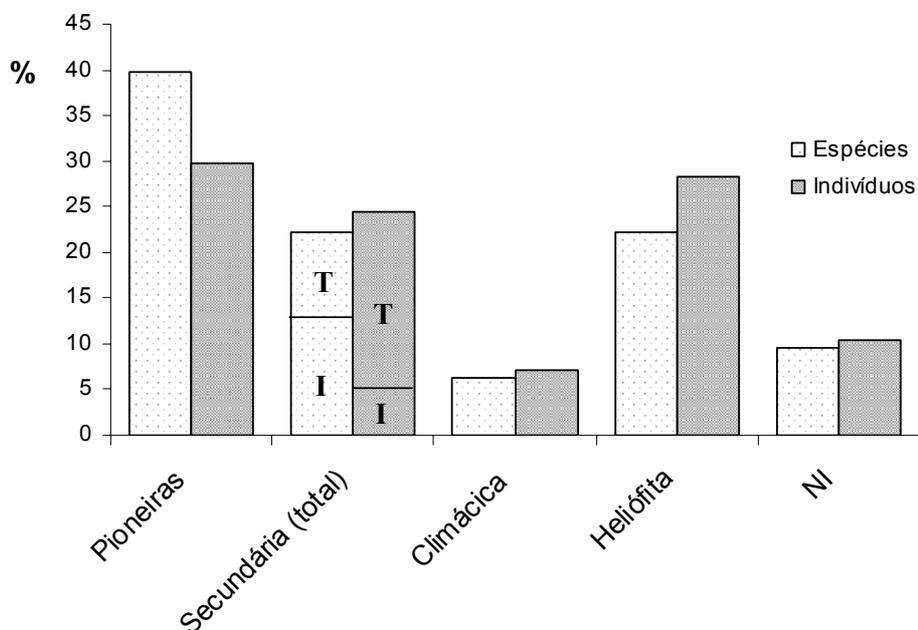


Figura 4.7 – Porcentagem de espécies das espécies encontradas no levantamento florístico da cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília - JK e a proporção dos indivíduos dentro de cada grupo ecológico. Legenda: NI = espécies não identificadas; I = Secundárias iniciais; T = secundárias tardias.

A SMA 47, de 26/11/2003, reconhece dois grupos ecológicos: espécies pioneiras (pioneiras e secundárias iniciais) e não pioneiras (secundárias tardias e climácicas). Essa norma determina que, na recuperação de áreas degradadas, devem ser plantadas no mínimo 40% de cada grupo. No caso deste estudo, a distribuição das espécies por grupo não seguiu esse critério, pois as pioneiras representam 35% das espécies e não pioneiras 26%. Entretanto, as espécies aqui classificadas como heliófitas (28% dos indivíduos) também devem ser consideradas, uma vez que não estão inclusas nos grupos ecológicos citados acima pelo fato de não sido encontrado na literatura a classificação ecológica das mesmas (Tabela 4.5).

Seitz (1996) defende a idéia de que as espécies anemocóricas são geralmente de estágios iniciais da sucessão. Verificou-se, que 68% das espécies classificadas como heliófitas possuem dispersão deste tipo, ou seja, provavelmente se enquadram no grupo das espécies pioneiras conforme classifica a SMA 47. Se assim for, a nova distribuição dos grupos ecológicos ficaria com 49% de espécies pioneiras e 40% não pioneiras, passando a atender a exigência dessa Resolução. As espécies não classificadas em grupos ecológicos por ausência de informações literárias correspondem a 11% do total amostrado.

Recomendações como essa, têm buscado alternativas para a recuperação de áreas degradadas que possibilitem a redução dos custos de recuperação e o retorno dessas áreas a uma condição ecológica mais próxima da original – a restauração ecológica (Barbosa, 2006b). Novas tendências têm sido preconizadas para o manejo e a indução dos processos ecológicos, com vistas a aproveitar ou estimular a resiliência do ecossistema (Araújo *et al.*, 2005; Anand & Desrochers, 2004).

A reconstituição de interações e da dinâmica dos ecossistemas para garantir a perpetuação e evolução de reflorestamentos no espaço e no tempo, torna-se então, fundamental na tentativa de recuperar áreas degradadas (Palmer *et al.*, 1997; Rodrigues & Gandolfi, 2000; Barbosa & Martins, 2003). Dessa forma, o processo de sucessão acontece com maior facilidade quando existe disponibilidade de propágulos e condições ambientais adequadas para suportar as plantas estabelecidas a partir da chuva de sementes ou pelo banco de sementes no solo (Rodrigues & Gandolfi, 1996).

Vários trabalhos têm demonstrado que espécies de estágios sucessionais iniciais têm polinizadores mais comuns e generalistas, enquanto espécies de estágios sucessionais mais avançados apresentam polinizadores especialistas e raros (Bezerra & Machado, 2003; Barros, 2001; Teixeira & Machado, 2000). Isso indica mais uma vez que o estabelecimento de espécies de diferentes estágios sucessionais na recuperação de áreas degradadas é importante para a manutenção da biodiversidade na comunidade.

O sucesso dessas propostas visa à restauração da flora regional e ao restabelecimento dos processos ecológicos responsáveis pela reconstrução e manutenção da comunidade funcional (Rodrigues & Gandolfi, 2006).

4.3.2 - Síndrome de dispersão

A presença de espécies animais dispersoras agrega valor ecológico à comunidade pelo aumento da complexidade de interações, e é fundamental para a manutenção do equilíbrio dinâmico das áreas a serem recuperadas ou em processo de recuperação. Disponibilizar sementes o ano todo é de extrema importância para que os animais dispersores permaneçam na área desejada (Barbosa, 2006b). Sendo assim, a participação da fauna nos processos de sucessão e colonização de áreas degradadas também tem seu papel reconhecido, uma vez que exerce função essencial na dispersão de sementes de remanescentes próximos, contribuindo para a regeneração natural dessas áreas (Medellini & Gaona, 1999; Parrota *et al.* 1997; Wunderle Jr., 1997).

A cascalheira do aeroporto encontra-se inserida dentro da APA Gama e Cabeça de Veado, e, portanto, a escolha das espécies vegetais baseado na síndrome de dispersão pode favorecer a entrada da fauna local. Essa por sua vez, irá trazer novos propágulos vegetativos para a área, exercendo um papel primordial nos processos de sucessão ecológica e restauração da área. De acordo com o levantamento realizado neste estudo, foram plantadas na cascalheira cerca de 50% de espécies anemocóricas, 30% zoocóricas, 13% ornitocóricas e 9,5% autocóricas (Figura 4.8). As anemocóricas situam-se em primeiro lugar, perfazendo 52% do total de indivíduos amostrados (Figura 4.8). Já as espécies zoocóricas (exceto as espécies dispersas por aves, não incluídas nesse número) representaram 25% do total amostrado. As espécies ornitocóricas representam 14% e as autocóricas, 6,5%.

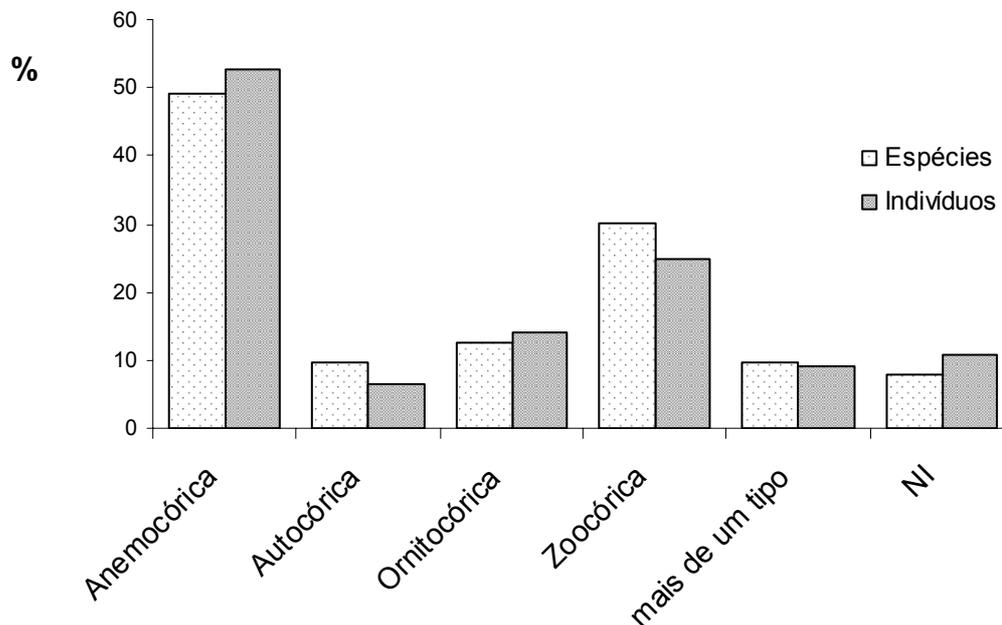


Figura 4.8 – Porcentagem da síndrome de dispersão das espécies encontradas no levantamento florístico da cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília JK e a proporção dos indivíduos dentro de cada tipo de dispersão. As espécies ornitocóricas não estão incluídas nas zoocóricas. NI – espécies não identificadas quanto ao grupo ecológico.

De acordo com Seitz (1996), a regeneração natural obedece a seguinte seqüência cronológica: entradas de espécies anemocóricas → espécies ornitocóricas → espécies zoocóricas. O que está de acordo com os estudos de Neri *et al.* (2005) e Araújo (2005) que investigaram áreas em processo de regeneração natural a mais de trinta anos, e encontraram uma vegetação característica de estágios mais avançados de sucessão, onde 60% das espécies lenhosas eram zoocóricas.

Espécies anemocóricas geralmente são dispersas na estação seca e as zoocóricas, na estação chuvosa (Carvalho, 2006). Espécies anemocóricas são em geral de estágios iniciais da sucessão (Seitz, 1996), ou seja, são de crescimento rápido. Tais espécies podem exercer um papel fundamental como atrativo da fauna funcionando como poleiros naturais, atraindo aves e morcegos. Esses animais pousam nas plantas e depositam sementes na área degradada por meio de defecação ou regurgitação, acelerando dessa forma, a recuperação e sucessão das espécies em áreas degradadas (Galindo-González *et al.*, 2000; Whittaker & Jons, 1994; Toh *et al.*, 1999).

Pode-se considerar então que as espécies arbóreas introduzidas na cascalheira apresentam uma boa distribuição entre as síndromes de dispersão, uma vez que as espécies anemocóricas (típicas de estágios iniciais da sucessão natural) representam a maioria, e que as espécies ornitocóricas e zoocóricas juntas (tidas como de estágios mais avançados da sucessão), representam quase 40% do total de indivíduos no plantio. Durante o levantamento florístico na cascalheira, foram encontradas algumas evidências de que a fauna local tem freqüentado a área: cheiro de urina e fezes de Lobo-Guará, pegadas e fezes de Capivara, avistamento de passeriformes, gaviões, formigas, cupinzeiros, borboletas, e um cervídeo.

Em florestas tropicais cerca de 90% das espécies vegetais arbóreas e arbustivas possuem diásporos adequados à dispersão zoocórica (Fadini & Marco Jr., 2004; Piña-Rodrigues & Aguiar, 1993). Experimentos com a introdução de espécies nativas com capacidade de atrair animais dispersores, principalmente aves e morcegos, têm demonstrado que essa prática é eficiente para o sucesso de muitos programas de recuperação de áreas degradadas (Robinson & Handel, 1993). Na Reserva Biológica de Poço das Antas em um estudo de projetos de revegetação, Araújo (2002) registrou uma chuva de semente composta principalmente por plantas zoocóricas.

O fluxo gênico das fontes diásporas para a área em recuperação tem sido considerado fator-chave para o processo de colonização vegetal de áreas degradadas (Rodrigues *et al.*, 2004), pois esse fluxo favorece a reconstituição das características da vegetação eliminada, dos fatores edáficos, e, em grande parte, das interações biológicas (Barbosa, 2006b). Sendo assim, há grande probabilidade que a estreita interdependência entre a fauna e a flora possa ser restabelecida no futuro sucessional da comunidade vegetal estabelecida na cascalheira.

4.3.3 - Local de ocorrência das espécies

As espécies naturais de formações savânicas do Cerrado corresponderam apenas a 12% do total de indivíduos levantados e 27% das espécies levantadas na cascalheira (Figura 4.9). Enquanto as espécies generalistas, que ocorrem em diferentes fitofisionomias, representaram 47% das espécies e dos indivíduos introduzidos na cascalheira. Espécies naturais de Mata de Galeria e Mata Seca, responderam por 12,7% das espécies arbóreas introduzidas e 22% dos indivíduos plantados. *Alibertia macrophylla* (2,7% do número de

indivíduos plantados) é a única espécie que, de acordo com a literatura pesquisada, é exclusiva de Matas de Galeria.

As espécies exóticas ao Cerrado representaram 10,7% dos indivíduos amostrados na cascalheira, são elas: *Inga edulis*, *Sapium glandulatum*, *Piptadenia communis*, *Margaritaria nobilis* e *Tecoma stans*, esta última, natural do México, é considerada espécie invasora em alguns estados brasileiros (Lorenzi & Souza, 1999). Em áreas agudamente degradadas o uso de espécies exóticas tem sido utilizado, na maioria dos casos, em virtude da falta de conhecimento de espécies nativas que apresentem plasticidade em relação às características adversas de substrato e rápido crescimento (Dias, 2006). Entretanto, para a região do Cerrado, vários trabalhos citam espécies nativas bem adaptadas a tais condições (Corrêa, 2007; Corrêa, 2006; Corrêa & Mello Filho, 2004; Araújo, 2005, 2006; Silva Jr, 2005; Felfili *et al.* 2002). A utilização de espécies exóticas justifica-se apenas pelo papel ecológico que desempenham. Elas favorecem a proteção do substrato, melhorando as condições químicas e físicas, tornando-as mais favoráveis ao ingresso das espécies nativas (Griffith *et al.*, 1996). Entretanto, é extremamente necessário o monitoramento periódico dessas espécies quanto à dinâmica de reprodução e, quando necessário, realizar intervenções a fim de limitar a ação dessas espécies ao papel previamente estabelecido de facilitadoras do processo sucessional (Dias, 2006).

Os resultados da análise química indicaram que o substrato das covas é distrófico. As fisionomias savânicas do Cerrado ocorrem sob solos distróficos (Haridasan, 2005a, 2000). Dessa forma, a condição química do substrato das covas é apropriado para as espécies savânicas e generalistas plantadas na cascalheira. Juntas, elas representam 59% dos indivíduos levantados nesse estudo.

Dentre as espécies ocorrentes em Matas de Galeria e Mata Seca, três estão entre as seis espécies de maior IVI e respondem por 15% dos indivíduos amostrados: *Ceiba speciosa*, *Anathenantha colubrina* e *Inga laurina* (Tabela 4.5). Embora a altura das plantas não tenha sido aferida, durante o trabalho de campo foi notório o desenvolvimento nesse quesito para as duas primeiras espécies acima citadas, apresentaram maior altura. Corrêa & Cardoso (1998), testaram espécies na revegetação de áreas mineradas e concluíram que espécies de Mata Seca e Mata de Galeria apresentam desenvolvimento superior às espécies de Cerrado sentido restrito quando plantadas em covas adubadas.

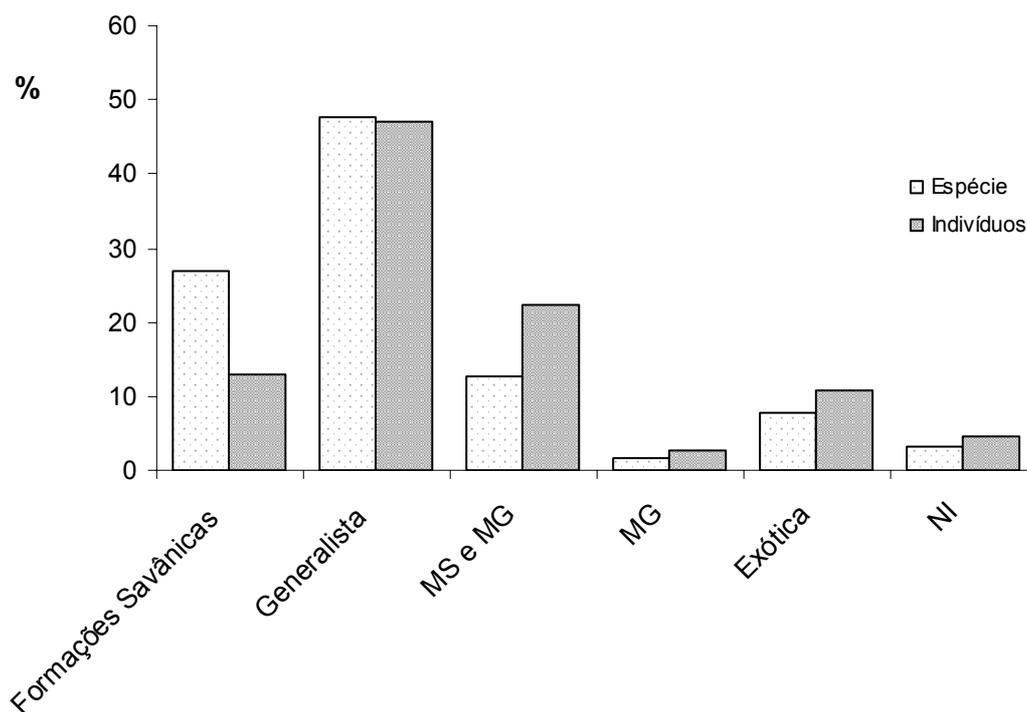


Figura 4.9 - Local de ocorrência das espécies encontradas no levantamento florístico da cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília JK, espécies exóticas ao Cerrado e a respectiva proporção em número de indivíduos e espécies. Legenda: MG - mata de galeria; MS – mata seca; NI – espécies não identificadas.

Apesar de a calagem das covas ter reduzido a saturação por alumínio a menos de 2% (Tabela 4.2), a adubação utilizada não elevou os teores nutricionais do substrato aos níveis encontrados naturalmente em Matas de Galeria e Mata Seca (Silva, 2007). De qualquer forma, as duas fitofisionomias podem ocorrer sob solos distróficos (Scariot & Sevilha, 2005; Silva Jr., 2004 e 1995; Haridasan, 1990; Eiten, 1990). Scariot & Sevilha (2005), confrontando dados de ocorrência de Florestas Estacionais Deciduais no Brasil (Mata Seca), observaram que esta formação florestal distribui-se por pelo menos treze tipos de classe de solos (EMBRAPA, 1999), inclusive os distróficos, e não apenas sobre aqueles relativamente mais férteis. Sendo assim, a condição distrófica do substrato das covas não representaria necessariamente impedimento ao desenvolvimento dessas espécies.

A eficiência no uso de nutrientes e a capacidade de produzir grande quantidade de biomassa em solos com menor disponibilidade de nutrientes pode ser um critério importante na seleção de espécies para a recuperação de áreas degradadas (Montagnini, 2001). Para tanto, fazem-se necessários maiores estudos que investiguem espécies de

formações florestais do Cerrado, para indicar quais espécies são mais eficientes na captação de nutrientes, quando eles se apresentam limitantes. Considerando as condições edáficas do substrato das covas da cascalheira, duas espécies de mata, *Ceiba speciosa* e *Anathenantha colubrina*, parecem enquadrar-se nessas condições. Sendo que a última citada, já é recomendada para recuperação de áreas degradadas (Corrêa, 2006).

Myracrodruon urundeuva, *Tabebuia* spp. e *Aspidosperma* spp. ocorrem com frequência em Mata Seca, e devido ao corte seletivo neste tipo fisionômico, são consideradas ameaçadas de extinção e já extintas em algumas regiões (Felfili, 2001). O plantio dessas espécies na cascalheira atende a recomendação da Resolução SMA 47, que estimula o uso de espécies em extinção de projetos de recuperação de áreas degradadas. Três espécies do gênero *Tabebuia*, uma do gênero *Aspidosperma* e *M. urundeuva*, nativas de Mata Seca (Tabela 4.5), foram plantadas na cascalheira. *Margariataria nobilis*, exótica ao Cerrado, também está na lista de espécies ameaçadas de extinção (SEMACE, 2008; MPRS, 2008) e foi plantada na cascalheira.

4.3.4 - Diversidade α e equabilidade

A reconstrução de ambientes degradados visa, entre outros, recuperar populações e biodiversidade (Schrott *et al.*, 2005), e a biodiversidade, por sua vez, deve ser conservada para manter o funcionamento do ecossistema reconstruído (Lyons *et al.*, 2005). A diversidade florística na cascalheira atingiu 3,48 bel pelo índice de Shannon-Weaver (H'), valor considerado alto. Os valores de diversidade para os grupos de cem indivíduos amostrados variaram de 2,14 a 3,08 bel. Índices de diversidade similares ao da área total (3,5 bel) foram encontrados em Matas de Galeria e na floresta Amazônica (Silva Júnior *et al.*, 2001; Felfili, 1995). Segundo Felfili & Rezende (2003), os valores de H' geralmente variam entre 1,3 e 3,5 bel podendo chegar a 4,5 em florestas tropicais. Felfili & Silva Jr. (2005, 1993) encontraram em diversas áreas de Cerrado sentido restrito uma diversidade de 3,41 e 3,5 bel. Outros estudos apontam que a diversidade em Cerrado sentido restrito pode variar de 1,16 a 3,73 (Assunção & Felfili, 2004; Meira Neto & Saporetto Jr., 2002; Costa & Araújo, 2001; Felfili e Silva Junior, 2001; Santos, 2000; Felfili, 1997; Felfili *et al.*, 1993).

Uma das constatações feitas pelo Instituto de Botânica de São Paulo que levou a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo à resolução SMA-21, de 21/11/2001, e posteriormente à SMA-47, foi a baixa diversidade de espécies arbóreas utilizadas em projetos de revegetação, que em geral utilizavam-se de 20 a 30 espécies (Barbosa, 2006a). Parrota *et al.* (1997), em áreas de mineração de bauxita recuperadas há 10 anos na Amazônia, encontrou a diversidade variando entre 0,65 a 0,85 bel. Em Minas Gerais foram encontrados índices entre 0,91 a 1,17 bel para uma área de mineração de ferro (Ângelo *et al.*, 2002).

O projeto de revegetação da cascalheira do Aeroporto JK empregou 63 espécies, resultando em uma diversidade lenhosa similar a encontrada em áreas nativas de Cerrado. Além da diversidade, a distribuição das espécies (equabilidade) plantadas em projetos de revegetação pode ser um parâmetro promissor na avaliação de projetos de recuperação de áreas degradadas. Embora a literatura especializada não se refira a este parâmetro, acredita-se que a boa distribuição das espécies em projetos de recuperação de áreas degradadas seja um fator importante no processo restauração das interações fauna-flora e conseqüentemente à sucessão das espécies.

A equabilidade calculada pelo índice de Pielou (J) para os dados levantados neste estudo indica boa distribuição das espécies introduzidas na área ($J = 0,84$). O índice de equabilidade foi alto, mesmo quando os nove grupos amostrais foram analisados isoladamente: 0,79 a 0,89. Araújo *et al.* (2006) fizeram um levantamento de espécies colonizadoras em área degradada encontraram uma diversidade de $H' = 2,75$ bel e equabilidade de $J = 0,71$. Estudos em diferentes estados brasileiros onde ocorrem Cerrado sentido restrito apontam que a equabilidade em fitofisionomias de Cerrado sentido restrito varia de 0,79 a 0,86 pelo índice de Pielou (Néri *et al.*, 2007; Saporetti Jr. *et al.*, 2003; Felfili *et al.*, 2002, 2001, 1994, 1992; Nogueira *et al.*, 2001). Dessa forma, o PRAD executado na cascalheira do Aeroporto JK, utilizou um número de espécies e a distribuição dos indivíduos dentro de cada espécie de forma que, elevaram à níveis satisfatórios a diversidade e equabilidade das espécies arbóreas.

5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma das questões mais abordadas quando se trata da restauração de ambientes degradados, é a determinação de critérios de avaliação de projetos de recuperação dessas áreas (Mandetta, 2006). Gandolfi (2006) sugere os seguintes parâmetros de avaliação:

- 1-Solo/substrato: integridade, conservação e existência de cobertura vegetal;
- 2-Vegetação: composição florística, estrutura, grupos funcionais, síndrome de dispersão, presença de espécies exóticas, cobertura verde e regeneração;
- 3- Presença da fauna;
- 4- Zona tampão.

De acordo com Malavolta & Kliemann (1985), os solos de Cerrado seguem a seguinte ordem decrescente de limitações: acidez > fósforo > enxofre ou potássio > zinco > boro > cobre > nitrogênio e manganês. No substrato das covas da cascalheira os teores de P-disponível, K-trocável e Mg^{2+} foram considerados baixos, segundo parâmetros agrônômicos (Tomé Jr, 1997; Sousa & Lobato, 2004). Porém, todos esses nutrientes encontram-se em concentrações superiores aos encontrados no Cambissolo do Cerrado nativo adjacente à área. Pode ser que algum desses nutrientes esteja limitando o crescimento das plantas que demandam solos mais férteis, principalmente espécies de Mata Seca, tais como *Sterculia striata*, *Tabebuia chrysotricha* e *Tabebuia roseoalba*. No entanto, essas limitações seriam inferiores às limitações impostas pelas condições naturais dos solos distróficos do Cerrado.

Os resultados da análise química indicam que a adubação recomendada pelo PRAD não foi seguida, pois as concentrações dos nutrientes e da matéria orgânica estão aquém dos valores que seriam atingidos com a recomendação indicada no PRAD (100g de NPK 5:25:15 e 10 litros de matéria orgânica por cova).

O Latossolo depositado sobre a cascalheira e o substrato das covas são distróficos e ácidos. Essa última propriedade confere ao substrato alta taxa de lixiviação de cátions e pequena reserva de nutrientes.

Densidade e porosidade do substrato das covas não representam limitações ao estabelecimento das plantas introduzidas, mas a resistência mecânica à penetração vertical, potencialmente pode restringir o desenvolvimento de raízes em algumas profundidades, tanto no substrato das covas como na camada superficial da cascalheira.

A estrutura da comunidade em termos de frequência, dominância, riqueza florística, diversidade e equabilidade apresentaram valores semelhantes aos medidos em áreas nativas de Cerrado. Esses mesmos parâmetros foram bastante superiores quando comparado aos estudos de outros autores em áreas degradadas similares, mesmo depois da execução de um PRAD.

Quanto aos parâmetros ecológicos avaliados (grupo funcional, síndrome de dispersão e distribuição geográfica das espécies), encontram-se de acordo com as recomendações literárias e técnicas especializadas.

Entre as espécies encontradas no levantamento florístico, *Ceiba speciosa*, parece ser promissora para recuperação de áreas degradadas pela mineração no Cerrado.

Os eventos de regeneração não foram avaliados neste estudo, mas durante os trabalhos de campo, verificou-se que estão presentes na área, assim como, foi constatada a presença de fauna nativa no local.

Um dos grandes problemas que pode comprometer o futuro sucessional das espécies na cascalheira do aeroporto é a presença de espécies invasoras. *Brachyaria* spp., um gênero exótico ao Cerrado, atualmente compete com as espécies arbóreas e arbustivas estabelecidas na cascalheira. Foi possível verificar em campo que essa espécie cresce abundantemente nas covas (Figura 4.10). Espécies desse gênero podem crescer de setenta centímetros a um metro e meio de altura, são consideradas de alta agressividade e dificilmente possibilita consórcio com outras espécies. Essas espécies são recomendadas para recuperação de áreas degradadas apenas quando a destinação final da área for pastagem ou fenação (Pereira, 2006). *Melinis* spp. também está presente em uma pequena porção da cascalheira. Esse gênero impede o estabelecimento de espécies arbóreas e domina completamente o ambiente onde se estabelece (Hoffman & Haridasan, 2008). De acordo com Corrêa (2006), as espécies exóticas e agressivas, como é o caso das espécies

citadas acima, devem ser manejadas até que o estrato arbóreo-arbustivo esteja bem estabelecido.



Figura 4.10 - *Brachyaria* spp. introduzida na cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília Juscelino Kubitschek.

6 – CONCLUSÕES

O PRAD executado na cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília – Juscelino Kubitschek atende as normas legais e técnicas recomendadas, embora o documento não tenha sido seguido à risca.

A comunidade arbórea introduzida na cascalheira resultou em alta diversidade e boa equabilidade, assemelhando-se às áreas naturais de Cerrado, embora a composição florística tenha sido diferente.

A compactação verificada em algumas profundidades no substrato das covas e na camada superficial da cascalheira pode restringir o crescimento de raízes das espécies arbóreas introduzidas e de espécies sucessoras.

O manejo adequado das espécies exóticas presentes na cascalheira tem caráter emergencial para garantir o futuro sucessional das espécies na área.

7 - RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

Realizar um levantamento das espécies regenerantes, avaliando também a resiliência potencial da área de estudo.

Avaliar a entrada de novas espécies na cascalheira, bem como, a dinâmica da sucessão das espécies.

Avaliar a contribuição da fauna nos processos ecológicos e no aumento da complexidade das interações com a flora.

Investigar o comportamento de espécies de formações florestais do Cerrado introduzidas em áreas degradadas, no intuito de indicar quais são mais eficientes no incremento de biomassa e na captação de nutrientes quando estes são escassos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADÂMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, L.; NETO, J. 1986. Caracterização da região dos cerrados. p.33-73. In: W. Goerdert. **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Brasília, Editora Nobel, EMBRAPA/CPAC– DF.
- AGUIAR, L.M. de S.; MACHADO, R. B.; MARINHO-FILHO, J. 2004. A diversidade Biológica do Cerrado. p.17-40. In: AGUIAR, L.M. de S. & CAMARGO, A.J.A.de. **Cerrado, ecologia e caracterização**. EMBRAPA Informação Tecnológica.
- ALHO, C.J.R. 2005. Desafios para a conservação do Cerrado, em face das atuais tendências de uso e ocupação. In: Scariot *et al.* (orgs). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- ALMEIDA, S.P.; PROENÇA, C.E.B.; SANO, S.M.; RIBEIRO, J.F. 1998. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 464p.
- ANAND, M.; DESROCHERS, R.E. 2004. Quantification of restoration success using complex systems concepts and models. **Conservation Biology**, v.12, n.1, 117-123.
- ANDRADE, L.A.Z; FELFILI, J.M; VIOLATTI, L. 2002. Fitossociologia de uma área de cerrado denso na RECOR-IBGE, Brasília. **Acta Bot. Bras.** 16(2):225-240.
- ÂNGELO, J.G.M.; LENA, J., DIAS, L., SANTOS J. 2002. Diversidade vegetal em áreas em reabilitação de mineração de ferro, na mina de alegria, Mariana, MG. **Revista Árvore**, v.26, n.2 p.183-192.
- AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGGIOLIA, M.B. 1993. **Sementes Florestais Tropicais**. ABRATES, Brasília, DF. 350p.
- ARAÚJO, F.S.de; MARTINS, S.V., MEIRA NETO, J.A.A., LANI, J.L.; PIRES, I.E. 2006. Estrutura da vegetação arbustivo-arbórea colonizadora de uma área degradada por mineração de Caulim, Brás Pires, MG. **Rev. Árvore**, Viçosa-MG. v.30, n.1, p.107-116.
- ARAÚJO, F.S.de; MARTINS, S.V.; NETO, J.A.M.; LANI, J.L.; PIRES, I.E. 2005. Florística da vegetação arbustiva-arbórea colonizadora de uma área degradada por mineração de Caulim, em Brás Pires, MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, n.6, p.983-992.
- ARAÚJO, R. S. 2002. Chuva de sementes e deposição de serrapilheira em três sistemas de revegetação de áreas degradadas na Reserva Biológica de Poço das Antas, Silva Jardim, RJ. **Dissertação de Mestrado**, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil, 92 p.
- ARSHAD, M.A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. 1996. Physical tests for monitoring soil quality. p.61-82. In: DORAN, J.W. & JONES, A.J. ed. Methods for assessing soil quality. Madison, **Soil Science Society of América** (SSSA Special publication, 49).

- ASSUNÇÃO, S.L.; FELFILI, J.M. 2004. Fitossociologia de um fragmento de cerrado *sensu stricto* na APA de Paranoá, DF, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v.18, n.4, p. 903-910.
- BALDUINO, A.P.C.; DE SOUZA, A.L.; MEIRA NETO, J.A; DA SILVA, A.F.; SILVA JÚNIOR; M.C. 2005. Fitossociologia e análise comparativa da composição florística do Cerrado da Flora de Paraopeba – Mg. **Rev. Árvore**, v.29, n.1, 25-34.
- BARBOSA, L.M. 2006a. Recuperação Florestal de áreas degradadas no estado de São paulo: histórico, situação atual e projeções. In: Barbosa, L.M. (coord.) **Manual para Recuperação de áreas Degradadas do estado de São Paulo**: Matas Ciliares a do Interior Paulista. São Paulo: Instituto de Botânica, 2006 a. 128p.
- BARBOSA, K.C. 2006b. A importância da interação animal-plantas na recuperação de áreas degradadas. p.42-51 In: Barbosa, L.M. (coord.) **Manual para recuperação de áreas degradadas do Estado de São Paulo**: Matas Ciliares do interior paulista. São Paulo: Instituto de Botânica, 128p.
- BARBOSA, L.M.; MANTOVANI, V.W. 2000. Degradação ambiental: Conceituação e base para repovoamento vegetal. In: Workshop de Recuperação de Áreas Degradadas da Serra do Mar e Formações Litorâneas. **Anais**. São Paulo.
- BARBOSA, L.M.; MARTINS, S.E. 2003. **Diversificando o reflorestamento no estado de São Paulo**: espécies disponíveis por região e ecossistemas. São Paulo: Instituto de Botânica, Manual 10, 64p.
- BARROS, M.G. 2001. Ecologia da polinização de *Tabebuia aurea* (Manso) Benth & Hook. E *T ochracea* (Cham.) Standl. (Bignoniaceae) em cerrado do Brasil Central. **Rev. Brasil. Bot.** 24(3), p.255-262.
- BELTRAME, L. F. S.; GONDIM, L. A. P.; TAYLOR, J. C. 1981. Estrutura e compactação na permeabilidade de solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v.5, p.145-149.
- BENNEMA, J. & CAMARGO, M.N. 1964. **Segundo esboço parcial da classificação de solos brasileiros**. Rio de Janeiro, Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo, p.47-59.
- BERG, E.V.D; OLIVEIRA-FILHO, A.T. 2000. Composição florística e estrutura fitossociológica de uma floresta ripária em Itutinga, MG, e comparação com outras áreas. **Rev. Brasil. Bot.**, São Paulo, v.23, n.3, p.231-253, set. 2000.
- BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F. 2003. Efeito do conteúdo de água e da compactação do solo na produção de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.7, p.849-856.
- BEZERRA, E.L.S; MACHADO, I.C. 2003. Biologia floral e sistema de polinização de *Solanum stramamifolium* Jacq. (Solanaceae) em remanescente de Mata Atlântica, Pernambuco. **Acta Bot. Bras.** 17(2) p.247-257.

- BORGES, A.L.; KIEHL, J.; SOUZA, L. S. 1999. Alteração de propriedades físicas e atividade microbiana de um Latossolo Amarelo álico após cultivo com fruteiras perenes e mandioca. **Rev. Bras. de Ciências do Solo**, Campinas, v.23, p.1019-1025.
- BORGES, H.B.N.; LUVIZOTTO, P.R.I.; PENTEADO, S. 1986. **Biologia floral da paineira**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Ciências Florestais.
- BRASIL. 2002. Ministério do Meio Ambiente. **Biodiversidade brasileira**: avaliação e identificação de áreas prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira. Brasília, DF: MMA/SBF, 404 p.
- BUDOWSKI, G. 1965. Distribution of tropical American rain forest species in light of sucession process. **Turrialba**, San Jose, v.15, p. 40-42.
- CALDEIRA, S.D.; HIANE, P.A.; RAMOS, M.I.L.; RAMOS FILHO, M.M. 2004. Caracterização físico-química do araçá (*Psidium guineense* SW.) e do tarumã (*Vitex cymosa* Bert.) do estado de Mato Grosso do Sul. **B.CEPPA**, Curitiba, v.22, n.1, p.145-154, jan/jun 2004.
- CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L. R. F. 1997. **Compactação do solo e o desenvolvimento de plantas**. Piracicaba: ESALQ, 132p.
- CAMPELLO, E.F.C. 1998. Sucessão vegetal na recuperação de áreas degradadas. p.184-196 In: Dias, L.E.; Mello, J.W. (eds.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa, MG:UFV, SOBRADE.
- CAMPOS, E.P de; DUARTE, T.G.; NERI, A.V.; SILVA, A.F.de; NETO, J.A.A.M.; VALENTE, G.E. 2006. Composição florística de um trecho de cerradão e cerrado *sensu stricto* e sua relação com o solo na floresta nacional (FLONA) de Paraopeba, MG, Brasil. **Rev. Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.3, p. 471-479.
- CANALLI, L.B.; ROLOFF, G. 1997. Influência do preparo e da correção do solo na condição hídrica de uma Latossolo vermelho-escuro sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, n. 1, p. 99-104.
- CARNEIRO, P.J.R. 1999. Mapeamento geotécnico e caracterização dos materiais naturais de construção do Distrito Federal: uma base de dados para o planejamento e gestão. **Tese de Doutorado**. Universidade de Brasília – UnB. 209p. Brasília, DF.
- CARPENEZZI, A.A.; COSTA, L.G.S.; KAGEYAMA, P.Y. 1990. Espécies pioneiras para recuperação de áreas degradadas: observação de laboratórios naturais. p.216-221. In: Congresso Florestal Brasileiro, Campos do Jordão, São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, **Anais**.
- CARVALHO, P.E.R. 1994. **Espécies Florestais Brasileiras**: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira: Colombo: EMBRAPA-CNPQ/Brasília: EMBRAPA-SPI, 640p.

- CARVALHO, L.S. 2006. Programa de reflorestamento de áreas de preservação permanente para Goiás: Programa de nascentes. Estado de Goiás, Diretoria Geral da Polícia Civil, Superintendência de Polícia Judiciária. **PDF download.**
http://www.policiacivil.goias.gov.br/dema/downloads/pdf/projeto_nascente_55.pdf
consultado em 07/01/2008.
- CASAGRANDE, J.C.; REIS-DUARTE, R.M.; SOARES, M.R. 2006. Interação solo-vegetação de áreas Degradadas. In: **Anais do Simpósio Regional de Recuperação de Áreas Degradadas do Grande ABC: Gestão e Proposta, 2006**, São Caetano do Sul. Faculdade Editora Nacional.
- CASTRO, O. M. 1995. Comportamento físico e químico de um latossolo Roxo em função do seu preparo na cultura do milho (*Zea mays* l.). **Tese de Doutorado** – Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- CHADA, S. S.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M. 2004. Sucessão vegetal em uma encosta reflorestada com leguminosas arbóreas em Angra dos Reis, RJ. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 801-809.
- CENTENO, A. J. 2001. **Curso de estatística aplicada à biologia**. 2.ed., Goiânia: UFG, 234p.
- CORRÊA, R.S.; MELO FILHO, B.; BATISTA, G.M.M. 2007. Avaliação fitossociológica da sucessão autogênica em áreas mineradas no Distrito Federal. **Cerne**, Lavras, v.13, n.4, p. 406-415, out/dez 2007.
- CORRÊA, R.S. 2006. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração no cerrado: Manual para revegetação**. 186p. Brasília: Universa.
- CORRÊA, R.S.; MELLO FILHO, B. 2004. Aspectos ecológicos da sucessão secundária em áreas mineradas no Cerrado. 123-158. In: Corrêa, R.S. & Batista, G.M. de M. (orgs.) **Mineração e áreas degradadas no Cerrado**. Brasília: Universa. p.174.
- CORRÊA, R.S.; BIAS, E.S.; BAPTISTA, G.M.M. 2004. Áreas degradadas pela mineração no Distrito Federal. p.9-21. In: Corrêa, R.S.; Baptista, G.M.de M. (Orgs.). **Mineração e áreas degradadas no cerrado**. Brasília, Ed. Universa.
- CORRÊA, R.S.; MELLO FILHO, B. 2000. Sobrevivência de mudas arbóreas adubadas com composto de lixo ou lodo de esgoto em área degradada no cerrado. p.218-285. In: IV Simpósio Nacional de recuperação de áreas degradadas. **Anais**, Silvicultura ambiental, resumos: Fundação Universidade Regional de Blumenau e Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas degradadas/SOBRADE. Blumenau/SC, Brazil. 2-5 de outubro de 2000.
- CORRÊA, R.S.1998. Degradação e recuperação de áreas no Distrito Federal. p.13-19. In: Corrêa, R.S. & Melo Filho, B. de.(orgs.) **Ecologia recuperação de áreas degradadas no cerrado**. Paralelo 15, 178p.
- CORRÊA, R.S.; CARDOSO, E.S. 1998. Espécies testadas na revegetação de áreas degradadas. In: Corrêa, R.S.; Melo Filho, B. **Ecologia e recuperação de áreas**

degradadas no Cerrado. Editora Paralelo 15, Coleção Régio Montano Campestris. Brasília.

CORRÊA, R.S.; LEITE, L.L. 1998. Ecologia e regeneração em áreas escavadas. p. 29-48 In: Corrêa, R.S. & Mello Filho, B. de. (orgs.). **Ecologia e recuperação de áreas degradadas no cerrado**. Brasília: Paralelo 15, 178p.

CORRÊA, R.S.; MELLO FILHO, B. 1998. Ecologia e regeneração em áreas escavadas. p.65-99. In: Corrêa, R.S. & Melo Filho, B.de. (orgs.). **Ecologia e recuperação de áreas degradadas no cerrado**. Brasília: Paralelo 15.

CORRÊA, R.S.; LEITE, L.L. 1997. Efeito da escavação mecânica e da profundidade de corte sobre o nível de compactação de um Latossolo no Distrito Federal, Brasil. p.268-271. In: Contribuição ao conhecimento ecológico do Cerrado - Trabalhos selecionados do **3º Congresso de Ecologia do Brasil**, 6 a 11/10/96. Editores: LL. Leite & C.H. Saito. Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília. 325p. Brasília, julho/1997.

CORRÊA, R.S. 1995. Aspectos vegetacionais e edáficos de uma área de desaterro no cerrado sob latossolo vermelho escuro. **Dissertação de Mestrado**. Instituto de Biologia, Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília. Brasília DF.

CORRECHEL, V.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A. 1997. Resistência de um Latossolo Roxo em dois sistemas de preparo do solo. In: Congresso Brasileiro De Ciência Do Solo, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, p.20.

COSTA, A.A.; ARAÚJO, G.M. 2001. Comparação da vegetação arbórea de Cerradão e de Cerrado na reserva do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. **Acta Botânica Brasílica**, v.15, n.1, p.63-72.

CURTIS, J.T.; McINTOCH, R.P. 1951. An unpland forest continuum in the prairie: forest border region of Wisconsin. **Ecology**, v.32, p.479-496.

DAJOZ, R. 1973. **Ecologia geral**. 2. ed. Petrópolis: Vozes & E. Universidade de São Paulo, 472 p.

DE OLIVEIRA, S.A.; MESQUITA FILHO, M.V.; SOUZA, A.F.; FONTES, R.R. 2000. Análises Químicas de Solo e de calcário para fins de fertilidade do solo. **Textos Universitários**, UnB/EMBRAPA. Brasília.

DEXTER, A.R. 1986a. Model experiments on behavior of roots at the Interface between a tilled seed-bed and compacted sub-soil. I. Effects of seed-bed Aggregate Size and sub-soil strength on wheat roots. **Plant Soil** v. 95, p.123-133.

DEXTER, A.R. 1986b. Model experiments on behavior of roots at the interface between a tilled sub-soil and compacted sub soil. II. Entry of pea and wheat roots into sub-soil cracks. **Plant Soil**, v.95, p. 135-147.

- DIAS, B.F.S. 1992. Cerrados: Uma caracterização. p. 11-26 In: Dias, B.F.S. **Alternativas de Desenvolvimento dos Cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis**. FUNATURA/IBAMA, Brasília- DF.
- DIAS, B.F.S. 1990. Conservação da natureza no Cerrado. p.583-640 In: M. Novaes Pinto. **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Editora Universidade de Brasília e SEMATEC, Brasília – DF.
- DIAS, L.F. 2006. Recuperação de áreas degradadas em áreas de mineração. In: Barbosa, M.L. (coord.) Simpósio sobre recuperação de áreas degradadas com ênfase em Matas Ciliares & Workshop sobre recuperação de áreas degradadas no estado de São Paulo: Avaliação da aplicação e aprimoramento da Resolução SMA 47/03. **Anais**: Instituto de Botânica de Botânica, São Paulo, p.144-173.
- DIETZSH, L.; REZENDE, A.V.; PINTO, J.R.R.; PEREIRA, B.A. da S. 2006. Caracterização da flora arbórea de dois fragmentos de mata de galeria do Parque Canjerana, DF. **Cerne**, Lavras, v.12, n.3, p. 201-210, jul./set., 2006.
- DNPM. 1994. **Plano plurianual para o desenvolvimento do setor mineral**, vol.I, Brasília, 146p.
- DURINGAN, G. 1990. Taxa de sobrevivência e crescimento inicial das espécies em plantio de recomposição da mata ciliar. **Acta Botânica Brasílica**, 4(2):35-40.
- ECODATA. 2005. Serviços de Recuperação de Área degradada por Extração de Cascalho no Aeroporto Internacional De Brasília Presidente Juscelino Kubitschek”. **Relatório Bimestral de nº 3 de Monitoramento** (3/12). Novembro e Dezembro de 2005.
- EITEN, G. 1993. Vegetação. p.17-73 In: Pinto, M.N. (Ed.), **Cerrado: Caracterização, Ocupação e Perspectivas**. Editora Universidade de Brasília, Brasília.
- EITEN, G. 1990. Vegetação do Cerrado. p.9-65. In: M. Novaes Pinto. (org.) **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Editora Universidade de Brasília e SEMATEC/UnB, Brasília- DF.
- EITEN, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. **Botanical Review** 38:201-341.
- EMBRAPA. 2005. **Manual de laboratórios: Solo, Água, Nutrição Animal e Alimentos** (A.R.A. NOGUEIRA e G.B. SOUZA, eds.) Embrapa Pecuária Sudeste. São Carlos, SP, 313p.
- EMBRAPA Solos. 2001. Diagnóstico do Estado de Conservação do Solo do Aeroporto Internacional de Brasília. p. 248-304. In: Programa de Resgate a Flora e Indicações à Recuperação de Áreas Degradadas. **IBAMA/ DITEC processo 190.001210/05**.
- EMBRAPA. 1999. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Brasília, DF. 412p.

- EMBRAPA. 1997. **Manual de métodos de análise de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de solos Rio de Janeiro, p.212.
- EMBRAPA. 1978. **Manual de Métodos de Análise de Solos**. Serviço nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro.
- FADINI, R. F.; MARCO JR., P. 2004. Interações entre aves frugívoras e plantas em um fragmento de mata atlântica de Minas Gerais. **Ararajuba**, 12 (2): 97-103.
- FELFILI, J.M.; SILVA JÚNIOR, M.C. 2005. Diversidade alfa e beta no Cerrado *sensu stricto*, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais e Bahia. Cap.7 p.141-154 In: Scariot, A.; Souza-Silva, J.C.; Felfili, J.M.(orgs.) **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 439p.
- FELFILI, J.M.; RIBEIRO, J.F.; BORGES-FILHO, H.C.; DO VALE A.T. 2004. Potencial econômico da biodiversidade do Cerrado: estágio atual e possibilidades de manejo sustentável dos recursos da flora. p. 177-220. In: AGUIAR, L.M. de S.; CAMARGO, A.J.A (editores técnicos). **Cerrado: ecologia e caracterização**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.
- FELFILI, J.M.; REZENDE, R.P. 2003. Conceitos e Métodos em Fitossociologia. **Comunicações Técnicas Florestais**. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal. 68 p. v.5, n.1. Brasília, dezembro de 2003.
- FELFILI, J.M.; FAGG, C.W.; DA SILVA, J.C. DE OLIVEIRA, E.C.L.; PINTO, J.R.R; DA SILVA Jr. & RAMOS, K.M. 2002. **Plantas da APA Gama e Cabeça de Veado: espécies, ecossistemas e recuperação**. Universidade de Brasília, departamento de Engenharia Florestal.
- FELFILI, J.M.; SANTOS, A.A.B. 2002. Direito ambiental e subsídios para revegetação das áreas degradadas no Distrito Federal. Brasília: Universidade de Brasília – Unb, Departamento de Engenharia Florestal, 135p. **Comunicações Técnicas Florestais**, v.4, n.2.
- FELFILI, J. M.; NOGUEIRA, P. E.; SILVA JÚNIOR, M. C.; MARIMON, B. S.; DELITTI, W. 2002. Composição florística e fitossociologia do Cerrado sentido restrito no município de Água Boa - MT. **Acta Botanica Brasilica** 16(1): 103-112.
- FELIFILI, J.M. 2001. Principais Fisionomias do Espigão Mestre do São Francisco. p.18-30. In: Felfili, J.M. & Silva Júnior, M.C. (orgs.). **Biogeografia do Bioma Cerrado: estudo fitofisionômico na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco**. MMA – Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF.
- FELFILI, J.M.; SILVA JÚNIOR, M.C. 2001. **Biogeografia do Bioma Cerrado: estudo fitofisionômico na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco**. Brasília: Universidade de Brasília, 152p.
- FELFILI, J.M. 1997. Comparação do cerrado (*sensu stricto*) nas Chapadas do Pratina e dos Veadeiros. p.6-11. In: LEITE, L.L., SAITO, T.H. (ed.). Congresso de Ecologia do Brasil, **Anais**. Brasília: Universidade de Brasília.

- FELFILI, J.M. 1995. Diversity, structure and dynamics of a gallery forest in central Brazil. **Vegetation** 117: 1-15.
- FELFILI, J. M.; SILVA Jr., M. C. 1993. A comparative study of cerrado (sensu stricto) Vegetation in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 9, p. 277-289.
- FELFILI, J. M.; FILGUEIRAS, T. S.; HARIDASAN, M.; SILVA JÚNIOR, M. C.; MENDONÇA, R.; REZENDE, A. V. 1994. Projeto biogeografia do bioma Cerrado: vegetação e solos. **Cadernos de Geociências do IBGE** 12: 75-166.
- FELFILI, J.M.; SILVA JUNIOR, M.C.; REZENDE, A.V.; MACHADO, J.W.B.; WALTER, B.M.T.; NOGUEIRA, P.E.; HAY, J.D. 1993. Análise comparativa da florística e fitossociologia da vegetação arbórea do cerrado *sensu stricto* na Chapada Pratina, DF-Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v.6, n.2, p.27-46.
- FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C.; REZENDE, A. V.; MACHADO, J. W. B.; WALTER, B. M. T.; SILVA, P. E. N.; HAY, J. D. 1992. Análise comparativa da florística e fitossociologia da vegetação arbórea do Cerrado sentido restrito na Chapada da Pratinha, DF-Brasil. **Acta Botanica Brasílica** 6(2): 27-46.
- FIEDLER, N.C.; AZEVEDO, I.N.C. de; REZENDE, A.V.; MEDEIROS, M.B.D. de; VENTUROILI, F. 2004. Efeito de incêndios florestais na estrutura e composição florística de uma área de cerrado *sensu stricto* na Fazenda Água Limpa-DF. **Rev. Árvore**, vol.28, nº1 Jan./Fev. ISSN 0100-6762.
- FREITAS-JÚNIOR, E.; SILVA, E.M. 1984. Uso da centrífuga para determinação da curva de retenção de água do solo, em uma única operação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 19, n.11, p. 1423-1428.
- FURTINI NETO, A.E.; RESENDE, A.V.; VALE, F.R.; SILVA, I.V. 1999a. Liming on growth of native wood species from brazilian savannah. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 34:5, p.829-837.
- FURTINI NETO, A.E.; RESENDE, A.V.; VALE, F.R.; FAQUIN, V.; FERNANDES, L.A. 1999b. Acidez de solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas na fase de muda. **Cerne**, 5:01-12.
- GALINDO-GONZÁLEZ, J.; GUEVARA, S.; SOSA, V. 2000. JBat-and birdgenerated seed rains at isolated trees in pastures in a tropical rainforest. **Conservation Biology**, 14 (6): 1693-1703.
- GANDOLFI, S. 2006. Indicadores de avaliação e monitoramento de áreas em recuperação. p.44-52. In: **Anais do workshop sobre recuperação de áreas degradadas em matas ciliares: modelos alternativos para recuperação de áreas degradadas em matas ciliares no Estado de São Paulo**, São Paulo.
- GOEDERT, W.J.; CORRÊA, R.S. 2004. Uso, degradação e qualidade do solo. p.159-172. In: Corrêa, R.S. & Batista, G.M.M. (orgs). Brasília. **Mineração e áreas degradadas no cerrado**. Editora Universa, il. Brasília.

- GOEDERT, W.J. 1987. **Solos dos Cerrados**: tecnologias e estratégias de manejo. Editora Nobel, EMBRAPA/CPAC, Brasília, DF. 422 p.
- GOODLAND, R.; POLLARD, R. 1971. Oligotrofismo e alumínio no cerrado. p.44-60. In: FERRI, M.G. (Ed.) **III Simpósio sobre cerrado**. Ed. USP, São Paulo.
- GOTELLI, N.J.; R.K. COLWELL. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. **Ecology Letters** 4: 379-391.
- GOTELLI, N.J.; ENTSMINGER, G.L. 2001. **EcoSim: Null models software for ecology**. Version 7.0. Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear. <http://together.net/~gentsmin/ecosim.htm>.
- GRIFFITH, J.J.; DIAS, L.E.; JUCKSCH, I. 1996. Rehabilitation of Mine Sites in Brazil Using Native Vegetation. In: Majumdar, S.K.; Miller, W.E.; Brenner, F.J. (Eds.) **The Pennsylvania Academy of Science**. Pennsylvania, USA. Cap. 31, p. 470-488.
- GUEDES-BRUNI, R.R.; SILVA NETO, S.J. da; MORIM, M.P.; MANTOVANI, W. 2006. Composição florística e estrutura de trecho de Floresta Ombrófila Densa Atlântica Aluvial na Reserva Biológica de Poços das Antas, Silva Jardim, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, 57 (3): 413-428.
- HARIDASAN, M. 2005a. Competição por nutrientes em espécies arbóreas do Cerrado. cap.9, p.167-178. In: Scariot, A.; Sousa-Silva, J.C.; Felfili, J.M. (Orgs.) **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 439p.
- HARIDASAN, M. 2005b. Nutrição mineral das plantas nativas do cerrado. p.397-423. In: Prado, C. H. B. A.; Casali, C. A. (eds.) **Fisiologia Vegetal: Práticas em relações hídricas, fotossíntese e nutrição mineral**. Editora Manole, São Paulo 448 p. ISBN:85-204-1553-9.
- HARIDASAN, M. 2000. Nutrição mineral de plantas nativas do Cerrado. **Rev. Brás. Fisiol. Veg.**, 12(1):54-64.
- HARIDASAN, M. 1994. Solos do Distrito Federal. In M. Novaes-Pinto (Ed.) **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas - O caso do Distrito Federal**. 2a Edição. p.321-344. Editora Universidade de Brasília/SEMATEC, Brasília.
- HARIDASAN, M. 1992. Observations on soils, foliar nutrient concentrations and floristic composition of cerrado sensu stricto and cerradão communities in central Brazil. **Nature and Dynamics of Forest-Savanna Boundaries** (eds P.A. Furley, J. Proctor & J.A. Ratter), p.171-184. Chapman & Hall, London.
- HARIDASAN, M. 1990. Solos do Distrito Federal. p.309-330. In: M. Novaes Pinto. **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Editora Universidade de Brasília e SEMATEC, Brasília- DF.

- HARIDASAN, M. 1988. Performance of *miconia albicans* (Sw.) Triana, an aluminium accumulation species in acidi and calcareous soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.19, p.1091-1103.
- HARIDASAN, M. 1987. Distribution and mineral nutrition of aluminium accumulating species in different plant communities of the cerrado region of central Brazil. p.309-348. In: São José, R.R. & Montes, R. (Ed.) **La capacidad Bioprodutiva de Savanas**. IVIC./CIET, Caracas, Venezuela.
- HECK, K.L., JR., G. VAN BELLE and D. SIMBERLOFF. 1975. Explicit calculation of the rarefaction diversity measurement and the determination of sufficient sample size. **Ecology** 56: 1459-1461.
- HOFFMANN, W.A.; HARIDASAN, M. 2008. The invasive grass, *Melinis minutiflora*, inhibits tree regeneration in a Neotropical savanna. **Austral Ecology** 32:29-36.
- HOWE, H.F.; SMALLWOOD, J. 1982. Ecology of seed dispersal. **Annual Review of Ecology Systematics**, 13: 201-228.
- HULBERT, S.H. 1971. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. **Ecology** 52: 577-585.
- IBAMA. 1990. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração**: técnicas de vegetação. Brasília, DF.
- IBGE, 2006. Consultado no site: www.ibge.gov.br em 11/10/2006.
- INFRAERO. 2005. **Relatório Geral de Obra**. 9 p.
- IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A. 2000. Aplicações de curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.7, p.1493-1500.
- JELLER, H.; PEREZ, S.C.J.G.A. 1997. Emergência em campo de sementes de *Copaifera langsdorfii* Desf. (Leguminosae) semeadas em diferentes profundidades. Congresso da Sociedade Botânica de São Paulo, 9. **Resumos**. p. 38-39.
- KAGEYAMA, P.Y.; CASTRO, C.F.A; CARPANEZZI, A.A. 1989. Implantação de Matas Ciliares. p.130-143. In: Simpósio Sobre Mata Ciliar, 1, 1989, São Paulo, SP. **Anais**. Campinas: Fundação Cargill.
- KAGEYAMA, P.; GANDARA, F.B. 2004a. Recuperação e conservação de ecossistemas tropicais. p.383-394. In: Cullen Jr., L.; Rudran, R.; Valladares-Padua, C. (Orgs.) **Métodos de estudo em Biologia da Conservação & Manejo da vida silvestre**. Ed. UFPR; Fundação O Boticário de Proteção à natureza. Curitiba, Brasil.
- KAGEYAMA, P.; GANDARA, F.B. 2004b. Restauração e conservação de ecossistemas tropicais. In: **Métodos de estudo em biologia da conservação**: manejo da vida

silvestre. Cullen Jr., Rudran, R.; Valladares-Pádua, C. (orgs.) Editora UFPR; Fundação o Boticário. Curitiba/PR.

KAGEYAMA, P.; GANDARA, F.B. 2000. Revegetação de áreas ciliares. p.249-269. In: Rodrigues, R.R.; Leitão Filho, H.F. **Matas Ciliares: Uma abordagem multidisciplinar**. Edusp, Fapesp, São Paulo.

KENT, M.; COKER, P. 1992. **Vegetation Description and Analysis: A Practical Approach**. Belhaven Press. 296 p. London.

KER, J. C.; NOVAIS, R. F. 2003. Fundamentos da pedologia e relação com a fertilidade do solo. In: **XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Ribeirão Preto.

KLEIN, V.A.; CAMARA, R.K. 2007. Rendimento da soja e intervalo hídrico ótimo em Latossolo Vermelho sob plantio direto escarificado. **R. Bras. Ci. Solo**, 31:221-227.

KLINK, C.A.; MOREIRA, A.G. 2002. Past and current human occupation, and land use. p.69-88. In: Oliveira, P.S.; Marquis, R.J. (eds.) **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University Press.

KREBS, C.J. 1989. *Ecological methodology*. New York: Harper Collins.

LAGO, F.P. de L. & AZEVEDO, R.H.V. de. (resp. tec.). 2003. Planos Básicos Ambientais, 2º Pista de pouso e decolagem do Aeroporto Internacional de Brasília. Projeto de monitoramento de recursos hídricos. In: **Processo de licenciamento Ambiental** nº 0190-001210/2005, vol. IV,. IBAMA-DITEC. 32p.

LANDON, J.R. (Ed.) 1984. **Booker tropical soil manual**. London: Booker, 450p.

LEÃO, R.A. 2007. Avaliação do crescimento do estrato arbóreo de uma cascalheira revegetada no Distrito Federal. **Monografia de Graduação**. 39p. Universidade de Brasília, departamento de Engenharia Florestal.

LEITE, L.L.; CASTRO, A.J.R. 2002. Situação dos planos de recuperação de áreas degradadas (PRAD) nos processos de licenciamento de cascalheiras no Distrito Federal. In: **V Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas: Água e Biodiversidade** – Belo Horizonte, 18 a 22 de Novembro de 2002.

LEITE, L.L.; MARTINS, C.R.; HARIDASAN, M. 1994. Efeitos da descompactação e adubação do solo na revegetação espontânea de uma cascalheira no Parque Nacional de Brasília. p.527-534. In: **Anais do I Simpósio Sul-americano e II Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas** Foz do Iguaçu, PR.. Novembro de 1994.

LEITE, L.L.; MARTINS, C.R.; HARIDASAN, M. 1992. Propriedades físico-hídricas do solo de uma cascalheira e de áreas adjacentes com vegetação nativa de campo sujo e cerrado no Parque Nacional de Brasília. p.392-399. In: **Anais do Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas**. Universidade Federal do Paraná e Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, Curitiba, 520p.

- LETEY, J. 1985. Relationship between soil physical properties and crop productions. **Advances in Soil Science**, v.20, p. 1-12.
- LOPES, A.S. 1983. **Solos sob “cerrado”**: Características, propriedades e manejo. Piracicaba, São Paulo, 162 p.
- LOPES, A.J.; COX, F.R.A. 1977. Survey of fertility status of surface soils under cerrado vegetation of Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, 41:752-757.
- LORENZI, H. 1998a. **Árvores Brasileiras**: Manual de identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas do Brasil. Nova Odessa, SP: Editora: Plantarum, 2º ed., v.1.
- LORENZI, H. 1998b. **Árvores Brasileiras**: Manual de identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas do Brasil. Nova Odessa, SP: Editora: Plantarum, 2º ed., v.2.
- LORENZI, H; SOUZA, H M. 1999. **Plantas Ornamentais no Brasil**: arbustivas, herbáceas e trepadeiras, 2, São Paulo, Nova Odessa, p.304.
- LUCA, A.Q. 2002. Fenologia, potencial germinativo e taxa de cruzamento de uma população de paineira (*Chorisia speciosa* St. Hil.Bombacaceae) em área ciliar implantada. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba - SP. **Dissertação** (mestrado). 87p.
- LYONS, K. G.; BRIGHAM, C. A.; TRAUT, B. A.; SCHWARTZ, M. W. 2005. Rare species and ecosystem functioning. **Conservation Biology**, [S.l.], v. 19, n. 4, p. 1019-1024.
- MACHADO, R.B.; RAMOS NETO, M.B. PEREIRA, P.G.P. ; CALDAS, E.F.D.; GONÇALVES, D.A. SANTOS, N.S.; TABOR, K; STEININGER, M. 2004. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. **Relatório técnico** não publicado. Brasília: Conservation International do Brasil, 23 p.
- MACHADO, J.W.B. 1985. Acumulação de alumínio em *Vochysia thyrsoidea* Pohl. Brasília, Universidade de Brasília, 104p. **Dissertação de Mestrado**.
- MAGURRAN, A.E. 2003. **Ecological diversity and its measurement**. New Jersey: Princenton University Press, cap. 5, p.131-161.
- MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H.J. 1985. **Desordens nutricionais do Cerrado**. POTAFOS, Piracicaba.
- MANDETTA, E.C.N. 2006. Alternativas de RAD e importância da avaliação e monitoramento dos projetos de reflorestamento. p.106-118. In: Barbosa, L.M. (coord.) **Manual para recuperação de áreas degradadas do Estado de São Paulo**: Matas Ciliares do interior paulista. São Paulo: Instituto de Botânica, 2006.128p.

- MANTOVANI, W. 2003. A degradação dos biomas brasileiros. In: RIBEIRO (org.) **Patrimônio Ambiental Brasileiro**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo (Uspiana: Brasil 500 anos).
- MARIMON JUNIOR, B.H. & HARIDASAN, M. 2005. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e cerrado *sensu strictu* em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. **Acta Bot. Bras.** v.19, n° 4, São Paulo.
- MEDEIROS, M.M; FLEFILI, J.M.; LIBANO, A.M. 2007. Comparação florístico-estrutural dos extratos de regeneração e adulto em cerrado *sensu stricto* no Brasil Central. **Cerne**, v.13, n.3, p. 291-298, jul./set, 2007.
- MEDELLIN, R.A.; GAONA, O. 1999. Seed dispersal by bast and birds in forest and disturbed habitats of Chiapas, México. **Biotropica**, v.31, n.3, p.478-485.
- MEIRA NETO, J.A.A.; SAPORETTI JÚNIOR, A.W. 2002. Composição florística em cerrado no Parque Nacional da Serra do Cipó, MG. **Revista Árvore**, v.26, n.5, p. 645-648.
- MELLO, F.de A.F. de; SOBRINHO, M.de O.C. do B.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R.I.; NETTO, A.C.; KIEHL, J. de C. 1984. **Fertilidade do Solo**. São Paulo: Nobel, 400p.
- MENDES, R.C.A. 1989. Restrições físicas ao crescimento radicular em Latossolo muito argiloso. Universidade de Brasília, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Biologia Vegetal. **Dissertação de Mestrado**. 81p.
- MENDONÇA, R.C.; FELFILI, J.M.; WALTER, B.M.T.; SILVA JÚNIOR, M.C.; REZENDE, A.V.; FILGUEIRAS, T.S.; NOGUEIRA, P.E. 1998. Flora vascular do cerrado. p. 289-593. In: Sano, S.M. & Almeida, S.P. **Cerrado ambiente e flora**. EMBRAPA/CPAC, Planaltina-DF.
- MILLER, D.E. 1986. Root Systems in Relation to Stress Tolerance. **HortScience** 21(4): 963-970.
- MORAES, L.F.D. de; ASSUMPÇÃO, J.M.; LUCHIARI, C.; PEREIRA, T.S. 2006. Plantio de espécies arbóreas nativas para a restauração na Reserva Biológica de Poços das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, 57 (3): p.477-489.
- MONTAGNINI, F. 2001. Nutrient considerations in the use of silviculture for land development and rehabilitation in the Amazon. p.106- 121. In: McClain, M. E., R. L. Victoria & J. E Richey. (Eds.) **Biogeochemistry of the Amazon basin and its role in a changing world**. Oxford University Press, New York.
- MONTAGNINI, F.; EIBL, B.; GRANCE, L.; MAIOCCO, D.; NOZZI, D. 1997. Enrichment planting in overexploited subtropical forests of Paranaese region of Misiones, Argentina. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.99, n. ½, p. 237-246.

- MPRS, 2008. **Homepage** do Ministério público de Rio Grande do sul, consultado em março de 2008 - <http://www.mp.rs.gov.br/ambiente/pgn/id2.htm>
- MUELLER-DUMBOIS, D.; ELLENBERG, H. 1974. **Aims and methods of vegetation ecology**. John & Wiley Sons, New York, 347p.
- NAPPO, M.E; FILHO, A.T.O.; MARTINS, S.V. A 2000. estrutura do sub-bosque de povoamentos homogêneos de *Mimosa scabrella* Benth, em área minerada, em Poços de Caldas, MG. **Ciência Florestal** v.10 n.2 .ISSN 0103-9954.
- NERI, A.V.; MEIRA NETO, J.A.A.; SILVA, A.F.da; MARTINS, S.V. & BATISTA, M.L. 2007. Análise da estrutura de uma comunidade lenhosa em área de cerrado *sensu stricto* no município de Senador Modestino Gonçalves, norte de Minas Gerais, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.1, p.123-134.
- NERI, A.V.; CAMPOS, E.P.; DUARTE, T.G.; MEIRA NETO, J.A.A.; SILVA, .A.F.; VALENTE, G.E. 2005. Regeneração de espécies nativas lenhosas sob plantio de *Eucaliptus* em área de Cerrado na Floresta Nacional de Paraopeba, MG, Brasil. **Acta Bot. Bras.** 19(2):369-376.
- NESMITH, D.S. 1987. Soil compactation in doble cropped what and soybean on Ultissol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.51, p. 183-186.
- NOGUEIRA, P. E.; FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C.; DELITTI, W.; SEVILHA, A. C. 2001. Composição florística e fitossociologia de um Cerrado sentido restrito no município de Canarana, MT. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer** 8: 28-43.
- NUNES, R.V.; SILVA JÚNIOR, M.C.; FELFILI, J.M.; WALTER, B.M.T. 2002. Intervalos de classe para abundância, dominância e frequência do componente lenhoso do cerrado sentido restrito no Distrito Federal. **Rev. Árvore**, v.26, n.2, p.173-182.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T; VILELA, E.A.; CARVALHO, D.A.; GAVILANES, M.L. 1995. **Estudos florísticos em remanescentes de matas ciliares do alto e médio rio Grande**. Belo Horizonte: CEMIG 27p.
- OLIVEIRA, G.C.; SEVERIANO, E.C.; MELLO, C.R. 2007. Dinâmica da resistência à penetração de um Latossolo Vermelho da Microrregião de Goiânia, GO. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**. v.11, n.3, p.265-270.
- PAIVA. A.O. 2006. Avaliação de estoque de carbono em um cerrado *sensu stricto* na Fazenda Água Limpa – UnB. **Monografia de Graduação**. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília. 54p., Brasília.
- PALMER, M.A.; AMBROSE, R.F.; POFF, N.L. 1997. Ecological theory and community restoration. **Restoration Ecology** 5(4): 291-300.

- PAULA, J.E.de; IMANÃ-ENCINAS, J.; PEREIRA, B.A.S. 1996. Parâmetros volumétricos e da biomassa da mata ripária do Córrego dos Macacos. **Cerne**, Lavras, v.2, n.2, p. 91-105.
- PARROTA, J.A.; KNOWLES, O.H.; WUNDERLEJR, J.M. 1997. Development of floristic diversity in 10-year-old restoration Forest on bauxite mined site in Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v.99, p.21-42.
- PEREIRA, A.R. 2006. **Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão**. Belo Horizonte, MG: Ed. FAPI.
- PEREIRA, R.A. 1990. Influência de fatores edáficos sobre a revegetação natural de áreas de empréstimos em latossolos sob Cerrado. **Dissertação de Mestrado**. 133p. Universidade de Brasília, IB, Departamento de Ecologia. Brasília, DF.
- PIELOU, E.C. 1975. **Ecology diversity**. New York: John Wiley & Sons, 165p.
- PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; AGUIAR, I. B. 1993. Maturação e dispersão de sementes. p.215-274. In: Aguiar, I. B.; Piña-Rodrigues, F. C. M. & Figliolia, M. B. (Ed.). **Sementes florestais tropicais**. ABRATES, Brasília, Brasil.
- PINTO-COELHO, R.M. 2000. **Fundamentos em Ecologia**. Porto Alegre, RS, Brasil: Artes Médicas Sul.
- PIO-CORRÊA, M.P.; PENNA, S. 1978. **Dicionário de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: IBDF. v.5, p.328-329.
- PIRES-O'BRIEN, M.J. & O'BRIEN, C.M. 1995. **Ecologia e Modelamento de Florestas Tropicais**. Belém: FCAP. Serviço de documentação e informação 400 p.
- POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M.V. 2004. Nutrient cycling in native forests. p.285-305. In: Gonçalves, J.L.M.; Beneditti, V. (orgs.) **Forest nutrition and fertilization**. Piracicaba. Instituto de Pesquisas Florestais e Estudos Florestais, Il. São Paulo.
- PRIMAVESI, A. 1981. A agricultura em regiões tropicais. **Manejo Ecológico do Solo**. Livraria Nobel AS. 541 p. 3º edição, RJ.
- PROENÇA, C.E.B; MUNHOZ, C.B.R.; JORGE, C.L.; NÓBREGA, M.G.G. 2001. Listagem e nível de proteção das espécies de fanerógamas do Distrito Federal, Brasil. p.87-359. In: Cavalcanti, T.B.; Ramos, A.E. (Eds.) **Flora do Distrito Federal**, Brasil. Vol. 1. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.
- RAIJ, B.V. 1981. **Avaliação da Fertilidade do Solo**. Piracicaba: Instituto potassa, 142p.
- RAIJ, B.V. 1969. A capacidade de troca de cátions das frações orgânicas e minerais dos solos. **Bragantia** v. 28, p. 85 – 112.

- RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. 1996. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo, 2 ed. (Boletim 100). Campinas: Instituto Agrônômico (**Boletim técnico**).
- RATTER, J.A.; RICHARDS, P.W.; ARGENT, G.; GIFFORD, D.R. 1978. Observations on the forests of some mesotrophic soils in central Brazil. **Rev. Bras. de Botânica**, v.1, p.47-58.
- RATTER, J.A.; RICHARDS, P.W.; ARGENT, G.; GIFFORD, D.R. 1977. Observações adicionais sobre o cerradão de solos mesotróficos no Brasil central. p.306-316. In: Ferri, M.G. (ed.) **IV Simpósio sobre o cerrado**. São Paulo, Ed. USP.
- RAY, G.J. & BROWN, B.J. 1995. Restoring Caribbean dry forests: evaluation of tree propagation techniques. **Restoration Ecology**, Malden, v.3, n.2, p. 86-94.
- REIS, A.; BECHARA, F.C.; ESPÍNDOLA, M.B.; VIEIRA, N.K.; SOUZA, L.L. 2003. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. **Natureza e Conservação**. vol. 1. n.º1. p. 28-36, abril, 2003.
- REIS-DUARTE, R.M.; CASAGRANDE, J.C. 2006. A Interação solo-vegetação na recuperação de áreas degradadas. In: Barbosa, L.M. (org.) **Manual para recuperação de áreas degradadas do Estado de São Paulo**: Matas Ciliares do interior paulista. São Paulo: Instituto de Botânica, 128p.
- REIS-DUARTE, R.M. 2004. Estrutura da Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha de Anchieta (SP): Bases para promover o Enriquecimento com espécies arbóreas nativas em solos alterados. **Tese de Doutorado** – Instituto de Biociências, Biologia Vegetal, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro – SP.
- RESCK, B.S. 2005. Efeito de sistemas de manejo na dinâmica da água e no grau de compactação do solo na bacia hidrográfica do Córrego Taquara, Distrito Federal. Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. **Dissertação de Mestrado**. 121p.
- RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G.F. 1999. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. 3º ed. Viçosa: NEPUD, 304p.
- RESSEL, K; GUILHERME, F.A.G.; SCHIAVINI, A.G.; OLIVEIRA, P.E. 2004. Ecologia morfofuncional de plântulas de espécies arbóreas da Estação Ecológica do Pangá, Uberlândia, Minas Gerais. **Rev. Brasil. Bot.**, v.27, n.22, p. 311-323, abr.-jun.2004.
- RIBEIRO, J.F.; SCHIAVINI, I. 1998. Recuperação de matas de galeria: integração entre oferta e ambiental e biologia das espécies. p.137-153. In: Ribeiro, J.F. (ed.). **Cerrado matas de galeria**. Planaltina: EMBRAPA/CPAC.
- RIBEIRO, J.F.; SANO, S.M.; MACÊDO, J. 1983. Os principais tipos fisionômicos da região dos Cerrados. **Boletim de Pesquisa** n.º 21. EMBRAPA/CPAC. Planaltina-DF.

- RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado, p. 89-152. In: Sano, S.M. & Almeida, S.P. **Cerrado ambiente e flora**. EMBRAPA/CPAC, Planaltina-DF. 1998.
- RIBON, A. A.; TAVARES FILHO, J. 2004. Models for the estimation of the physical quality of a Yellow Red Latosol (Oxisol) under pasture. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Londrina, v.47, n.1, p.25-31.
- ROBINSON, G.R.; HANDEL; S.N. 1993. Forest restoration on Closed Landfill: Rapid Addition of New Species by Bird Dispersal. **Conservation Biology** 7(2):271-278.
- RODRIGUES, G.B., MALTONI, K.L.; CASSIOLATO, A.M.R. 2007. Dinâmica da regeneração do subsolo de áreas degradadas dentro do bioma Cerrado. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**. V.11, n.1, p. 73-80.
- RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. 2006. Restauração da diversidade vegetal em ecossistemas degradados. In: Barbosa, L.M (Coord.) Simpósio sobre recuperação de áreas degradadas com ênfase em Matas Ciliares e Workshop sobre recuperação de áreas degradadas no estado de São Paulo: Avaliação da aplicação e aprimoramento da resolução SMA 47/03. **Anais**. Instituto de Botânica, São Paulo.
- RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. 2000. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. p.235-247. In: Rodrigues, R.R.; Leitão Filho, H.F. **Matas Ciliares: Conservação e recuperação**. São Paulo: Editora da Universa de São Paulo: Fapesp.
- RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. 1996. Recomposição de florestas nativas: princípios gerais e subsídios para uma definição metodológica. **Rev. Bras. Hort. Orn.**, Campinas, v.2, n.1, p.4-5.
- RODRIGUES, R.R.; MARTINS, S.V.; BARROS, L.C. 2004. Tropical rain Forest restoration in área degraded by mining in Mato Grosso State, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.190, p.323-333.
- ROSOT, N.C.; MACHADO, S.A; FIGUEIREDO, A. 1982. Análise estrutural de uma floresta tropical como subsidio máximo para a elaboração de um plano de manejo florestal. p.468 – 490. In: Anais do Congresso Nacional sobre essências nativas. **Silvicultura em São Paulo**. Campos do Jordão – SP.
- SANTOS. R.M; VIEIRA, F.A.; FAGUNDES, M.; NUNES, Y.R.; GUSMÃO, E. 2007. Riqueza e similaridade de oito florestas no norte de Minas Gerais, Brasil. **Rev. Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.1, p.135-144.
- SANTOS, E.R. 2000. Análise florística e estrutura fitossociológica da vegetação lenhosa de um trecho de Cerrado *senu stricto* do Parque Estadual do lajeado, Palmas-TO. **Dissertação de Mestrado** (Mestrado em Biologia Vegetal). Universidade Federal de Viçosa, MG.

- SAPORETTI Jr., A.; NETO, J.A.A. M.; ALMADO, R.P. 2003. Fitossociologia de cerrado sensu stricto no município de Abaeté-MG. **Rev. Árvore**, vol.27, no.3, Viçosa May/June. Print ISSN 0100-6762
- SCARIOT, A.; SEVILHA, A.C. 2005. Biodiversidade, estrutura e conservação de Florestas Estacionais Deciduais no Cerrado. p.119-139. In: Scariot, A.; Souza-Silva, J.C.; Felfili, J.M.(orgs.) **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 439p.
- SCHENKEL, C.; BRUMMER, B. 2000. **Vegetação no Distrito Federal: tempo e espaço**. UNESCO. 74p.
- SCHROTT, G. R.; WITH, K. A.; KING, A. W. 2005. Demographic limitations of the ability of habitat restoration to rescue declining populations. **Conservation Biology**, [S.l.], v. 19, n. 4, p. 1181- 1193.
- SEITZ, R.A. 1996. As potencialidades da regeneração natural na recuperação de áreas degradadas. p.45-52. In: **Recuperação de áreas degradadas**. III Curso de Atualização, Curitiba.
- SEMAC, 2008. **Homepage** da Secretaria do Meio Ambiente do Rio de Janeiro, consultado em março de 2008. http://www.rio.rj.gov.br/smac/esp_est_flo_1_2.php?cod=17
- SHANNON, C.E; WEAVER, W. 1949. **The mathematical theory of Communication**. University of Illinois Press, Urbana.
- SILVA, A.N.; HAHN, C.M.; OLIVEIRA, C. de; AMARAL, E.M.; SOARES, P.V. 2004. **Recuperação Florestal: da muda à floresta**. Secretaria do Meio Ambiente. Fundação para a Conservação e a Produção Florestal do estado de São Paulo. São Paulo: SMA, 112 p.
- SILVA JÚNIOR, M.C. 2005. **100 Árvores do Cerrado: Guia de Campo**. Rede de Sementes do Cerrado. il. Brasília, 278p.
- SILVA JÚNIOR, M.C. 2004. Fitossociologia e estrutura diamétrica da mata de galeria do Taquara, na Reserva Ecologia do IBGE, DF. **Rev. Arvore**, Viçosa-MG, v.28, p.419-428.
- SILVA JÚNIOR M.C., FELFILI J.M., WALTER B.M.T., NOGUEIRA P.E.REZENDE A.V., MORAIS R.O.; NÓBREGA M.G.G. 2001. Análise da flora arbórea de Matas de Galeria no Distrito Federal: 21 levantamentos. p.143-194. In: RIBEIRO, j.f (Eds.). **Cerrados Caracterização e Recuperação de Matas de Galeria**. EMBRAPA-CPAC, Planaltina-DF.
- SILVA JÚNIOR, M.C. 1995. Tree communities of the galery forests of the IBGE Ecological Reserve. Federal District. Brazil. **Tese de Doutorado** em Ecologia Florestal. Universidade de Edinburgo, Escócia. 257p.

- SILVA, L.C.R. 2007. Dinâmica de transição e interações entre fisionomias florestais e formações vegetacionais abertas do Bioma Cerrado. **Dissertação de Mestrado**. Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal. 168p.
- SILVA, L.C.R. 2006. Desenvolvimento de espécies arbóreas em área degradada pela mineração sob diferentes tratamentos de substrato. **Monografia de Graduação**. 79p. Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal. Brasília, DF.
- SILVA, L.C.R.; QUEIROZ, V.L.; MELLO FILHO, B.; CORRÊA, R.S. 2003. Avaliação da sucessão secundária após a revegetação de uma área minerada no Cerrado. In: 8o Congresso Florestal Brasileiro. **Pôsteres**. 25 a 28 de agosto de 2003, São Paulo.
- SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (eds) 2004. Anexos. In: **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2º ed. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 416p.
- SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E.; REIN, T.A. 2004. Adubação com fósforo. p.147-183. In: **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2º ed. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 416p.
- SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. 2002. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. Embrapa Cerrados, Planaltina, 416p.
- SOUZA, F.F.; RAMALHO, A.R.; NUNES, A.M.L. 2005. Cultivo do feijão comum em Rondônia. Sistemas de Produção 8. EMBRAPA-Rondônia. **ISSN 1807-1805 Versão Eletrônica**. Dez/2005.
- STOLF, R. 1991. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetros de impacto em resistência do solo. **Rev. Bras. de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, n.3, p.229-235.
- STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V.L. 1983. **Penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf**: Recomendação para seu uso. STAB, Piracicaba, v.1, n.3, p.18-23.
- TALORA, D.C. & MORELLATO, P.C. 2000. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. **Rev. Brasil Bot.**, São Paulo, v.23, n.1, p.13-26, mar.
- TAYLOR, H.M.; ROBERTSON, G.M.; PARKER, J.J. 1966. Soil strength root penetration relations for medium to coarse textured soil materials. **Soil Science**, Baltimore, v.102, p. 18-22.
- TEIXEIRA, L.A.G.; MACHADO, I.C. 2000. Sistema de polinização e reprodução de *Byrsonima sericea* D.C. (Malpigiaceae). **Acta Bot. Bras.** 14(3), p.347-357.
- TILSTONE, G.H.; PASIECZNIK, N.M.; HARIZ, P.J.C.; WAINWRIGHT, S.J. 1998. The growth of multipurpose tree species in the Almeria province of Spain and its relationship to native plant communities. **International Tree Crops Journal**, v.9, p. 247-259.

- TOH, I.; GILLESPIE, M.; LAMB, D. 1999. The role of isolated trees in facilitating tree seedling recruitment at a degraded sub-tropical rainforest site. **Restoration Ecology**, 7 (3): 228-297.
- TOMÉ JR., J.B. 1997. **Manual para Interpretação de Análise de Solo**. Guaíba: Agropecuária, 247p.
- TORMENA, C. A.; FRIEDRICH, R.; PINTRO, J. C.; COSTA, A. C. S.; FIDALSKI, J. 2004. Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono orgânico num Latossolo Vermelho após dez anos sob dois sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.28, n.6, p.1023-1031.
- TORMENA, C. A.; SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L. 1998. Caracterização e avaliação do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.22, p.573-581.
- TORRES, E.; SARAIVA, O.F. 2001. **Camadas de impedimento mecânico do solo em sistemas agrícolas com soja**. Londrina: Embrapa – CNPSO, 58p.
- UNCED. 1991. 4th Session of the UNCED Preparatory Committee. **Promoting Sustainable Agriculture and Development: Land Conservation and Rehabilitation**, Chapter 14.
- UNESCO. 2000. **Vegetação no Distrito Federal: tempo e espaço**. UNESCO, Brasília. p.31-33.
- VALLE, F.R.; FURTINI, N.; RENÓ, N.B.; FERNANDES, L.A.; RESENDE A.V. 1996. Crescimento radicular de espécies florestais em solo ácido. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.31, n.9, p.609-616, set.
- VERTICAL GREEN, do BRASIL ltda & ECODATA (Agência Brasileira de Meio Ambiente e Tecnologia da Informação). 2004. **Proposta Técnica**. Vol. I, 686p.
- VIDAL, M.C.; STACCIARINI-SERAPHIN, E.; CÂMARA, H.H.L.L. 1999. Crescimento de plântulas de *Solanum lycocarpum* St. Hill. (lobeira) em casa de vegetação. **Acta Botânica Brasileira**, 13(3): 271-274.
- VIEIRA, M.J. 1985. Comportamento físico do solo em plantio direto. p.163-179. In: Fancelli, A.L.; Torrado, P.V.; Machado, J. (Coord.). **Atualização em plantio direto**. Campinas: Fundação Cargil.
- WALTER, B.M.T. 2006. Fitofisionomias do bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas. **Tese de Doutorado**. 373 p. Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, UnB.
- WALKLEY, A.; BLACK, I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chronic tritration method. **Soil Science**, 37,29-38.

- WILSON, E. O. 1994. A situação atual da diversidade biológica. In: Wilson, E. O. (Org.) **Biodiversidade**. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira.
- WHITTAKER, R.J.; JONS, S.H. 1994. The role of frugivorous bats and birds in the rebuilding of a tropical forest ecosystem, Krakatau, Indonesia. **Journal of Biogeography**, 21: 245-258.
- WITTAKER, R.H. 1975. Species diversity in land communities. **Evolutionary Biology**, v.10, p.1-67.
- WITTAKER, R.H. 1960. Vegetation of the Siskiyou Montains, Oregon, California. **Ecological Monographs**, v.30. p. 279-338.
- WUNDERLE Jr., J.M. 1997. The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. **Forest Ecology and Management**, v.99, p.233-235.
- YOUNG, T. P. 2000. Restoration ecology and conservation biology. **Biological Conservation**, v. 92, p. 73-83.
- ZOU, C.; SANDS, R.; BUCHAN, G.; HUDSON, I. 2000. Least limiting water range: a potencial indicator of physical quality of forest soils. *Australian Journal of Soil Research*, Victoria, v.38, p.947-958.

ANEXO I

As espécies previstas no PRAD da cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília foram:

<i>Aegiphila lhotskiana</i>	<i>Inga</i> sp.
<i>Agonandra brasiliensis</i>	<i>Kielmeyera coriacea</i>
<i>Anadenanthera falcata</i>	<i>Kielmeyera</i> sp.(arbustiva)
<i>Aspidosperma Macrocarpum</i>	<i>Luehea grandiflora</i>
<i>Aspidosperma subincanum</i>	<i>Magonia pubescens</i>
<i>Aspidosperma tomentosum</i>	<i>Matayba guianensis</i>
<i>Astronium fraxinifolium</i>	<i>Mimosa clausenii</i>
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	<i>Myracrodruon urundeuva</i>
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	<i>Ouratea hexasperma</i>
<i>Callisthene major</i>	<i>Parapiptadenia rigida</i>
<i>Caryocar brasiliense</i>	<i>Plathymenia reticulata</i>
<i>Ceiba speciosa</i>	<i>Plenckia populnea</i>
<i>Connarus suberosus</i>	<i>Pouteria ramiflora</i>
<i>Copaifera langsdorffii</i>	<i>Pouteria torta</i>
<i>Cryptocarya aschersoniana</i>	<i>Qualea grandiflora</i>
<i>Curatella americana</i>	<i>Rapanea guianensis</i>
<i>Cybistax antisiphilitica</i>	<i>Roupala montana</i>
<i>Dalbergia miscolobium</i>	<i>Salacia crassiflora</i>
<i>Dilodendron bipinnatum</i>	<i>Sclerolobium paniculatum</i>
<i>Dimorphandra mollis</i>	<i>Solanum lycocarpum</i>
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	<i>Stryphnodendron adstringens</i>
<i>Enterolobium gummiferum</i>	<i>Stryphnodendron coriaceum</i>
<i>Eriotheca pubescens</i>	<i>Stryphnodendron rotundifolium</i>
<i>Erythroxylum suberosum</i>	<i>Tabebuia aurea</i>
<i>Eugenia dysenterica</i>	<i>Tabebuia roseoalba</i>
<i>Guazuma ulmifolia</i>	<i>Tabebuia serratifolia</i>
<i>Guilbert hymenifolia</i>	<i>Terminalia argentea</i>
<i>Hancornia speciosa</i>	<i>Terminalia fagifolia</i>
<i>Himatanthus obovatus</i>	<i>Vellozia squamata</i>
<i>Hymenaea courbaril</i>	<i>Zeyheria montana</i>
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	