

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**REGENERAÇÃO NATURAL DE ESPÉCIES LENHOSAS E SUAS CORRELAÇÕES
COM FATORES AMBIENTAIS NA MATA DE GALERIA DO CÓRREGO PITOCO**

MARCELO GARCIA DE BARROS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

FACULDADE DE TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Brasília, fevereiro de 2007.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**REGENERAÇÃO NATURAL DE ESPÉCIES LENHOSAS E SUAS CORRELAÇÕES
COM FATORES AMBIENTAIS NA MATA DE GALERIA DO CÓRREGO PITOCO**

MARCELO GARCIA DE BARROS

Orientador: JOSÉ ROBERTO RODRIGUES PINTO

Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais

Publicação: EFLM – 080/07

Brasília, fevereiro de 2007.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

REGENERAÇÃO NATURAL DE ESPÉCIES LENHOSAS E SUAS CORRELAÇÕES COM
FATORES AMBIENTAIS NA MATA DE GALERIA DO CÓRREGO PITOCO

MARCELO GARCIA DE BARROS

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 em ciências florestais.

APROVADA POR:

JOSE ROBERTO RODRIGUES PINTO, Doutor, Departamento de Engenharia Florestal, UnB
(Orientador)

MANOEL CLÁUDIO DA SILVA JÚNIOR, Ph.D., Departamento de Engenharia Florestal,
UnB (Examinador Interno)

EDUARDO VAN DEN BERG, Doutor, Departamento de Biologia, UFLA
(Examinador Externo)

ALBA VALÉRIA REZENDE, Doutora, Departamento de Engenharia Florestal, UnB
(Suplente)

.

Brasília, 26 de fevereiro de 2007.

FICHA CATALOGRÁFICA

BARROS, MARCELO GARCIA DE

Regeneração natural de espécies lenhosas e suas correlações com fatores ambientais na mata de galeria do córrego Pitoco. 2007.

138 páginas (EFL/FT/UnB, Mestre, Ciências Florestais, 2007).

Dissertação de Mestrado Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal.

- | | |
|--------------------------|-----------------------------|
| 1. Mata de Galeria | 2. Comunidades florísticas. |
| 3. Gradiente topográfico | 4. Fatores ambientais. |
| 5. Correlação canônica | |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BARROS, M. G.. 2007. Regeneração natural de espécies lenhosas e suas correlações com fatores ambientais na mata de galeria do córrego Pitoco. Dissertação de Mestrado, Publicação EFLM080, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília – DF. 138 p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Marcelo Garcia de Barros.

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Regeneração natural de espécies lenhosas e suas correlações com fatores ambientais na mata de galeria do córrego Pitoco.

GRAU/ ANO: Mestre/2007.

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/ou científicos. O autor reserva direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado por ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Marcelo Garcia de Barros

SQS 404 Bl. “J” aptº 303

Asa Sul, Brasília – DF,

CEP: 70.238-100

Telefone: (61) 3222-0449

E-mail: garcia.mgb@dpf.gov.br

Brasília, 26 de fevereiro de 2007.

“Se todos nós fizéssemos as coisas de que somos capazes, ficaríamos espantados conosco mesmos.”

(Thomas Edison)

“O pessimista queixa-se do vento, o otimista espera que ele mude e o realista ajusta as velas.

(William George Ward)

“A maior recompensa do nosso trabalho não é o que nos pagam por ele, mas aquilo em que ele nos transforma.”

(John Ruskin)

Se encontrares um caminho sem obstáculos, pensa que talvez não te leve a nenhum lugar.

(Autor desconhecido)

A todos os parentes e amigos juntos comigo nesta longa estrada, que compartilham agora a alegria de alcançar mais um objetivo importante em minha vida, em especial, à minha companheira e esposa Fernanda, e ao meu querido filho João Paulo,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Às instituições:

Ao IBAMA, pela oportunidade e incentivo na fase inicial deste trabalho;

Ao Departamento de Polícia Federal, pelo incentivo e por acreditar na possibilidade de aplicação dos conhecimentos aqui gerados;

À Embrapa- CPAC, pelo auxílio na análise dos solos;

À Universidade de Brasília, em especial ao Departamento de Engenharia Florestal, pela oportunidade de desenvolvimento deste trabalho.

Às pessoas:

Aos colegas de todas as instituições por onde trabalhei, pela compreensão nos momentos de ausência, quando pude me dedicar a este trabalho;

Aos colegas do APMA, pelo incentivo, apoio e compreensão;

Ao grande Eng^o Florestal Alexander Balduino, pelo auxílio na coleta dos dados de luz;

Ao promissor estudante Rafael Walter, pelo auxílio na coleta dos dados de altimetria e à brilhante Diana, pelo apoio no Abstract;

Ao professor Manoel Cláudio, por me introduzir no assunto, pela dedicada orientação na fase inicial do estudo e ajuda na coleta do solo, além das valiosas sugestões a este trabalho;

Ao Joanildo Santiago, pela cessão dos dados e oportunidade de continuidade de seus estudos;

Em especial ao professor José Roberto, pela incansável dedicação e compreensão, além da brilhante e didática orientação, agradeço a oportunidade e o apoio irrestrito a este trabalho;

Ao professor Eduardo van den Berg, pelas oportunas e significativas sugestões;

Ao meu Pai, professor André Barros, por me mostrar a importância do “querer saber” e da dedicação aos estudos;

À minha Mãe, professora Etel, grande guerreira, pelo amor e incansável incentivo, sem os quais não seria possível chegar até aqui;

Aos meus queridos irmãos e amigos, Luiz Alexandre, Luiz Felipe e Mariana, pelo incentivo e amizade;

Aos meus avós José Garcia, Elza, Alair (*in memorium*) e Rachel, espero que este seja mais um motivo de orgulho para vocês;

À minha querida Fernanda, e ao meu filho João Paulo, minha amada família;

A todos que de alguma forma estiveram presentes e colaboraram de alguma forma para a produção deste trabalho.

RESUMO – Estudos realizados em ambientes naturais, particularmente nas Matas de Galeria, têm demonstrando a existência de correlações entre fatores ambientais e a distribuição espacial de espécies lenhosas. Entretanto, ainda não está bem definido em que estágio de desenvolvimento estes fatores passam a ser preponderantes na distribuição espacial das espécies. O objetivo deste trabalho foi de avaliar a existência de correlações entre as comunidades florísticas previamente identificadas na Mata de Galeria do Pitoco, localizada na Reserva Ecológica do IBGE - DF, com fatores ambientais locais. A regeneração foi amostrada a partir de 100 parcelas (10 m × 10 m), divididas em dois blocos amostrais (a e b) com 50 amostras cada, perpendiculares ao declive do terreno. As mudas (altura < 1 m) foram amostradas em subparcelas de 2 m × 2 m localizadas no interior de subparcelas de 5 m × 5 m, onde foram amostradas as arvoretas (altura > 1 m e DAP < 5 cm). A partir dos resultados do levantamento da vegetação disponível para a área foram selecionadas as 10 espécies mais importantes nas categorias mudas e arvoretas, resultando num total de 16 espécies analisadas. O número de indivíduos destas espécies, previamente classificadas em “tolerantes” e “intolerantes” à sombra, foi avaliado em função da intensidade de abertura no dossel. Foram coletadas 100 amostras de solo nas sub-parcelas (5 m × 5 m) e analisadas quanto à composição físico-química. Também foi mensurado a variável “Cota” através de um altímetro de precisão, visando retratar o perfil topográfico. As variáveis do solo Ca, Mg, Mn, pH, Al, N, P e Areia fina foram analisadas através da análise de componentes principais (PCA), conjuntamente às informações geradas a partir da análise de classificação florística (TWINSPAN). Também foi realizada uma análise de correspondência canônica (CCA), procurando identificar correlações entre variáveis físico-químicas do solo, “Cota”, intensidade de abertura do dossel e variáveis nominais “Borda cerrado” e “Tipo de solo”, com a distribuição espacial das espécies e das comunidades florísticas, previamente identificadas na área para as categorias mudas e arvoretas (“comunidade seca” e “comunidade úmida”). Embora a intensidade de abertura do dossel não tenha se correlacionado significativamente com número de indivíduos tolerantes e intolerantes através da Correlação de Spearman a 5% de probabilidade, ocorreram maiores diferenças entre espécies em função da exigência de luz para a categoria arvoretas do que para na categoria mudas. O resultado da PCA sugere que a “comunidade seca” mostrou maiores correlações para Ca, Mg, Mn, pH e a “comunidade úmida” para Al, N, P e Areia fina. A variável “Cota” não apresentou correlação expressiva (< 0,3), sendo excluída da análise. A correlação entre comunidades florísticas e a regeneração natural ficou mais evidente na categoria arvoretas. Embora na CCA tenham sido incluídas mais variáveis, o resultado foi similar ao da PCA, indicando que o gradiente de fertilidade e umidade relacionados ao gradiente topográfico, foram os principais responsáveis pela distinção entre as comunidades florísticas identificadas na área para as categorias arvoretas e mudas, em detrimento da intensidade de abertura do dossel. Esta última análise também mostrou que a categoria arvoretas apresenta correlações mais fortes com fatores ambientais do que a categoria mudas, além de assemelhar mais ao padrão constatado previamente para a categoria árvores (DAP ≥ 5 cm). **Palavras chave:** Mata de Galeria; comunidades florísticas; gradiente topográfico; fatores ambientais; análise de correlação canônica.

ABSTRACT –Studies carried out in natural environments, particularly in gallery forests, have been demonstrating the correlations between environmental factors and spatial distribution of wood species. However, it is not yet clear in which development stage these factors start to be preponderant in the spatial distribution of the species. This work aims to evaluate the existence of correlations between the floristic communities previously classified in the Gallery Forest of the Pitoco stream, located in the Ecological Reserve of the IBGE, Brasilia, DF, with local environmental factors. The regeneration was evaluated from 100 samples (10 m × 10 m), shared in two sample blocks (a e b), each one with 50 samples, perpendicular to the slope terrain. The seedlings (height < 1 m) was evaluated in sub-samples of 2 m × 2 m, located into 5 m × 5 m sub-samples, where the saplings (height > 1 m and diameter < 5 cm). From results of vegetation survey available to this area, were selected 10 most important species of seedlings and saplings resulting in 16 species analyzed. The number of individuals from this species of seedlings and saplings, previously classified as “shade tolerant” and “light demanding” categories were evaluated in function of the canopy opening intensity. A hundred soil samples (0-10 cm) were collected and analyzed in function of its physico-chemistry composition features, in sub-parcels (5 m × 5 m) shared in two sample blocks (a and b). The “Quota” variable is also measured through precision altimeter, aiming to show the topographical profile. The soil variables Ca, Mg, Mn, pH, Al, N, P and Fine Sand (mainly components) were analyzed through the PCA analysis, jointly to the floristic classification information (TWINSPAN). A CCA analysis was also carried out to identify the correlations between soil physico-chemistry variables, “Quota”, canopy intensity opening and nominal environmental variables “Cerrado edge” and “Soil type”, with the spatial distribution of the species and floristic communities. Although the canopy intensity opening wasn't significantly correlated with the number of “shade tolerant” and “light demanding” individuals through Spearman correlation in 5% probability, there were major differences between species in function of the luminous requirement category for the saplings than seedlings. The PCA result from the analysis suggests that the “dry community” showed greater correlations for Ca, Mg, Mn, pH and the “humid community” for Al, N, P and Fine sand. The “Quota” variable did not show expressive correlation (< 0,3), being excluded from the analysis. The correlation between the floristic communities and natural regeneration was clearer for the saplings category. The CCA result, although the analysis had included more variables, it was similar to PCA, indicating that the fertility and humidity gradient which related to the topographical gradient, were the main responsible for the distinction between communities, in despise of the canopy intensity opening. This last analysis also showed that the saplings category presents stronger correlations with the environmental factors than seedlings, beyond of seeming to relate more to the pattern previously for the trees category (DAP ≥ 5cm). **Key words:** Gallery forests; floristic communities; topographical gradient; environmental factors; canonical correlation analysis.

ÍNDICE

Capítulo 1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivos.....	3
1.1.1. Objetivo Geral.....	3
1.1.2. Objetivos específicos	3
1.2. Hipótese	4
Capítulo 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. O bioma Cerrado	5
2.2. Matas de Galeria.....	7
2.2.1. O gradiente topográfico	10
2.2.2. A umidade.....	12
2.2.3. Os solos e os nutrientes.....	14
2.2.4. A luminosidade	17
2.2.5. O efeito de borda.....	20
2.2.6. Fatores ambientais e o estabelecimento da regeneração	22
Capítulo 3. ÁREA DE ESTUDO	26
3.1. Descrição geral da área de estudo.....	26
3.2. Histórico dos estudos realizados na área	28
3.3. Materiais e métodos.....	30
3.3.1. Amostragem e caracterização do local do estudo	30
3.3.2. Utilização dos dados de Silva Júnior (1995), Souza (2002) e Santiago <i>et al.</i> (2005)	35
3.3.2.1. Classificação florística.....	35
3.3.2.2. Fitossociologia	36
Capítulo 4. A LUMINOSIDADE E SUAS RELAÇÕES COM A REGENERAÇÃO NATURAL.....	39
4.1. Introdução.....	39
4.2. Material e métodos	41

4.2.1. Descrição geral da área de estudo - ver Capítulo 3, item 3.1.....	41
4.2.2. Amostragem e caracterização do local do estudo - ver Capítulo 3, item 3.3.1.....	41
4.2.3. Utilização dos dados de Souza (2002) e Santiago <i>et al.</i> (2005) (Classificação florística e fitossociologia) - ver Capítulo 3, item 3.3.2.	41
4.2.4. Avaliação da intensidade de abertura do dossel.....	41
4.2.5. Número de indivíduos de espécies.....	43
4.2.6. Relação intensidade de abertura do dossel × ocorrência de espécies	43
4.3. Resultados.....	44
4.4. Discussão	55
4.5. Conclusões.....	62
Capítulo 5. RELAÇÕES ENTRE COMUNIDADES DA REGENERAÇÃO NATURAL, VARIÁVEIS DO SOLO E GRADIENTE TOPOGRÁFICO.....	63
5.1. Introdução.....	63
5.2. Material e métodos	65
5.2.1 – Descrição geral da área de estudo - ver Capítulo 3, item 3.1.....	65
5.2.2 - Amostragem e caracterização do local do estudo - ver Capítulo 3, item 3.3.1.....	65
5.2.3 – Utilização dos dados de Santiago <i>et al.</i> (2005) e Souza (2002) (Classificação florística e fitossociologia) - ver Capítulo 3, item 3.3.2.	65
5.2.4. Gradiente topográfico	65
5.2.5. Amostragem do solo	66
5.2.6. Análise direta de gradientes	67
5.2.6.1. Diferenças nas características dos solos	67
5.2.6.2. Gradientes das variáveis do solo.....	68
5.2.6.3. Análise de componentes principais	69
5.3. Resultados.....	71
5.3.1. Variáveis e gradientes do solo	71
5.3.2. Análise de componentes principais (PCA) e gradientes do solo	78
5.4. Discussão	86
5.5. Conclusões.....	93

5.5. Conclusões.....	93
Capítulo 6. CORRELAÇÕES ENTRE FATORES AMBIENTAIS E REGENERAÇÃO NATURAL.....	94
6.1. Introdução.....	94
6.2. Material e métodos.....	96
6.2.1 – Descrição geral da área de estudo - ver Capítulo 3, item 3.1.....	96
6.2.2 - Amostragem e caracterização do local do estudo - ver Capítulo 3, item 3.3.1.....	96
6.2.3 – Utilização dos dados de Souza (2002) e Santiago <i>et al.</i> (2005) (Classificação florística e fitossociologia) - ver Capítulo 3, item 3.3.2.	96
6.2.4. Análise de agrupamento.....	96
6.2.5. Análise de Correspondência Canônica (CCA).....	97
6.3. Resultados.....	102
6.3.1. Categoria mudas.....	102
6.3.2. Categoria arvoretas.....	107
6.3.3. Habitat preferencial das espécies.....	112
6.4. Discussão.....	119
6.5. Conclusões.....	123
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	124
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	126

LISTA DE TABELAS

- Tabela 3.1** – Espécies que apresentaram maiores valores de importância (IVI) para as arvoretas e os maiores valores de cobertura (IVC) para mudas, suas respectivas posições hierárquicas do IVI e IVC, e o grupo ecológico (GE) em que foram classificadas quanto à exigência por luz (Adaptado de Santiago *et al.*, 2005)..... 37
- Tabela 4.1** – Correlação de *Sperman* entre intensidade de abertura do dossel vs. número de indivíduos de arvoretas tolerantes, vs. arvoretas intolerantes, vs. mudas tolerantes, vs. mudas intolerantes e os respectivos níveis de significância (*p*)..... 46
- Tabela 5.1** – Valores médios das propriedades físico-químicas do solo para algumas Matas de Galeria estudadas no DF..... 72
- Tabela 5.2** – Média, desvio-padrão e coeficiente de variação das propriedades físico-químicas e texturais das amostras de solo coletadas na Mata de Galeria do Pitoco (0-10 cm), para a “comunidade úmida” e “comunidade seca”, de acordo com as categorias de mudas (altura < 1,0 m) e arvoretas (altura > 1,0 m e DAP < 5,0 cm) (*sensu* Souza, 2002)..... 73
- Tabela 5.3** – Correlações entre as variáveis do solo e os eixos I e II da Análise de Componentes Principais, para a Mata de Galeria do Pitoco, localizada na Reserva Ecológica do IBGE, DF..... 78
- Tabela 5.4** – Matriz de correlação resultante da Análise de Componentes Principais para as principais variáveis físicas e químicas do solo amostradas (0 a 10 cm) na Mata de Galeria do Pitoco, localizada na Reserva Ecológica do IBGE, DF..... 79
- Tabela 6.1** - Matriz de correlações da CCA para categoria mudas, entre variáveis ambientais e eixos I e II de ordenação e entre as variáveis ambientais. Correlações > 0,5 estão em negrito. 107
- Tabela 6.2** – Matriz de correlações da CCA para categoria arvoretas, entre variáveis ambientais e eixos I e II de ordenação e entre as variáveis ambientais. Correlações > 0,5 estão em negrito. 112
- Tabela 6.3** – Características das 10 espécies mais importantes entre mudas (< IVC) e arvoretas (< IVI), de acordo com Souza (2002), em ordem crescente de preferência por ambientes úmidos na categoria adultas. As comunidades estão classificadas através do método TWINSpan (Souza, 2002; Silva Júnior, 1995) e as comunidades em que as espécies se encontram conforme interpretação da ordenação CCA/DCCA para as diferentes categorias de estabelecimento. Razão de densidades entre “comunidade seca” e “comunidade úmida” para mudas e arvoretas (Fonte: Souza, 2002) e árvores (Fonte: Silva Júnior, 1995)..... 116

LISTA DE FIGURAS

- Figura 3.1** – Localização da Mata de Galeria do Pitoco em relação ao DF e a sub-bacia do córrego Taquara, da qual faz parte o córrego Pitoco, mostrando a extensão e largura da mata na área dos blocos amostrais (a e b), na Reserva Ecológica do IBGE, DF (Fonte: Adaptado de IBGE, 2005; Google Earth, 2006). 27
- Figura 3.2** – Mapa dos solos da Mata de Galeria do Pitoco e localização aproximada dos blocos amostrais (a e b) e curvas de nível interpoladas de 2 em 2 metros (Fonte: Adaptado de IBGE, 2005). 32
- Figura 3.3** – Fitofisionomias circundantes da Mata de Galeria do córrego Pitoco (Fonte: Adaptado de IBGE, 2005). 33
- Figura 3.4** – Distribuição das parcelas (10 m × 10 m) e sub-parcelas (5 m × 5 m e 2 m × 2 m) para o levantamento da regeneração natural e local de coleta das amostras de solo (círculo aberto) e avaliação da luminosidade (círculo fechado), na Mata de Galeria do Pitoco, Reserva Ecológica do IBGE, DF (Fonte: Adaptado de Santiago *et al.*, 2005). 34
- Figura 3.5** – Distribuição das parcelas nos dois blocos amostrais (a e b), indicando as duas comunidades identificadas pelo método TWINSPAN, para categoria mudas (altura < 1 m) amostradas na Matas de Galeria do Pitoco, Reserva Ecológica do IBGE, DF (Fonte: Adaptado de Souza, 2002). 36
- Figura 3.6** – Distribuição das parcelas nos dois blocos amostrais (a e b), indicando as duas comunidades identificadas pelo método TWINSPAN, para categoria arvoretas (altura > 1 m e DAP < 5 cm) amostradas na Matas de Galeria do Pitoco, Reserva Ecológica do IBGE, DF (Fonte: Adaptado de Souza, 2002). 36
- Figura 4.1** – Gradiente dos valores percentuais de abertura do dossel, em dois blocos amostrais (a e b), totalizando 100 sub-parcelas amostradas na Mata de Galeria do Pitoco, Reserva Ecológica do IBGE, DF. 45
- Figura 4.2** - Número de indivíduos tolerantes e intolerantes na categoria mudas (altura < 1 m) selecionados dentre as 16 espécies mais importantes (10 >'s IVC – mudas; e 10 >'s IVI – arvoretas; Santiago *et al.*, 2005), em função da classe de abertura do dossel. As diferenças entre as proporções do número de indivíduos nas classes de abertura do dossel foram verificadas pelo teste do qui-quadrado (χ^2). 47
- Figura 4.3** – Número de indivíduos tolerantes e intolerantes na categoria arvoretas (altura > 1 m e DAP < 5 cm) selecionados dentre as 16 espécies mais importantes (10 >'s IVC – mudas; e 10 >'s IVI – arvoretas; Santiago *et al.*, 2005), em função da classe de abertura do dossel. As diferenças entre as proporções do número de indivíduos nas classes de abertura do dossel foram verificadas pelo teste do qui-quadrado (χ^2). 47
- Figura 4.4** – Número de indivíduos das espécies intolerantes *Matayba guianensis*, *Symplocos mosenii* e *Cupanea vernalis*, entre mudas (altura < 1 m) e arvoretas (altura > 1m e DAP < 5 cm) consideradas mais importantes (Tabela 3.1) e árvores (DAP ≥ 5 cm) (Adaptado de Silva Júnior, 1995; Santiago *et al.*, 2005). 49

Figura 4.5 – Número de indivíduos das espécies intolerantes <i>Myrcia rostrata</i> , <i>Copaifera langsdorffii</i> e <i>Inga alba</i> , entre mudas (altura < 1 m) e arvoretas (altura > 1 m e DAP < 5 cm) consideradas mais importantes (Tabela 3.1) e árvores (DAP ≥ 5 cm) (Adaptado de Silva Júnior, 1995; Santiago et al., 2005).....	50
Figura 4.6 – Número de indivíduos de espécies intolerantes <i>Pseudolmedia laevigata</i> , <i>Xylopia sericea</i> e <i>Maprounea guianensis</i> , entre mudas (altura < 1 m) e arvoretas (altura > 1 m e DAP < 5 cm) consideradas mais importantes (Tabela 3.1) e árvores (DAP ≥ 5 cm) (Adaptado de Silva Júnior, 1995; Santiago et al., 2005).....	51
Figura 4.7 – Número de indivíduos de espécies intolerantes <i>Pera glabrata</i> e <i>Vitex polygama</i> , entre mudas (altura < 1 m) e arvoretas (altura > 1 m e DAP < 5 cm) consideradas mais importantes (Tabela 3.1) e árvores (DAP ≥ 5 cm) (Adaptado de Silva Júnior, 1995 ; Santiago et al., 2005).....	52
Figura 4.8 – Número de indivíduos de espécies tolerantes <i>Siparuna guianensis</i> , <i>Cheilochlinium cognatum</i> e <i>Tapura amazonica</i> , entre mudas (altura < 1 m) e arvoretas (altura > 1 m e DAP < 5 cm) consideradas mais importantes (Tabela 3.1) e árvores (DAP ≥ 5 cm) (Adaptado de Silva Júnior, 1995; Santiago et al., 2005).....	53
Figura 4.9 – Número de indivíduos de espécies tolerantes <i>Cardiopetalum calophyllum</i> e <i>Alibertia macrophylla</i> , entre mudas (altura < 1 m) e arvoretas (altura > 1 m e DAP < 5 cm) consideradas mais importantes (Tabela 3.1) e árvores (DAP ≥ 5 cm) (Adaptado de Silva Júnior, 1995; Santiago et al., 2005).....	54
Figura 5.1 – Perfil topográfico e cotas altimétricas das 100 parcelas amostradas (bloco a = 50) e (bloco b = 50) na Mata de Galeria do Pitoco, localizada na Reserva Ecológica do IBGE, DF.	75
Figura 5.2 – Acima: Distribuição da “comunidade úmida” e “comunidade seca” estabelecidas pelo método TWINSPAN, para as categorias de mudas e arvoretas (<i>sensu</i> Souza, 2002), amostradas na Mata de Galeria do Pitoco, localizada na Reserva Ecológica do IBGE, DF. Abaixo: Gradiente de pH e SB obtido através de interpolação dos valores ao longo das 100 parcelas amostradas em dois blocos (a e b).....	76
Figura 5.3 – Gradiente de Al, “m” (Sat. Al.), Ca e Mg obtido através de interpolação dos valores ao longo das 100 parcelas em dois blocos (a e b) na Mata de Galeria do Pitoco, localizada na Reserva Ecológica do IBGE, DF.....	77
Figura 5.4 – Diagrama de ordenação da Análise dos Componentes Principais (PCA), a partir das oito principais características físico-químicas do solo, com base em 100 amostras coletadas na profundidade de 0 a 10 cm, na Mata de Galeria do Pitoco, localizada na Reserva Ecológica do IBGE, DF.....	79
Figura 5.5 – Gradiente de Mn, Fe, Argila e Areia Fina, obtido através de interpolação dos valores ao longo das 100 parcelas em dois blocos (a e b) na Mata de Galeria do Pitoco, localizada na Reserva Ecológica do IBGE, DF.....	81

Figura 5.6 – Gradiente de P e N, obtido através de interpolação dos valores ao longo das 100 parcelas em dois blocos (a e b) na Mata de Galeria do Pitoco, localizada na Reserva Ecológica do IBGE, DF.....	82
Figura 5.7 – Diagrama de ordenação da análise dos componentes principais (ACP), a partir das 100 amostras de solo (0 a 10 cm), representando a distribuição espacial das subparcelas (2 m × 2 m) amostradas na Mata de Galeria do Pitoco, localizada na Reserva Ecológica do IBGE, DF, em função de suas características físico-químicas. As amostras estão rotuladas em “comunidade úmida” e “comunidade seca”, de acordo com o resultado da análise TWINSpan para categoria mudas (altura < 1 m) (<i>sensu</i> Souza, 2002).....	84
Figura 5.8 – Diagrama de ordenação da Análise dos Componentes Principais (PCA), a partir das 100 amostras de solo (0 a 10 cm), representando a distribuição espacial das subparcelas (5 m × 5 m) amostradas na Mata de Galeria do Pitoco, localizada na Reserva Ecológica do IBGE, DF, em função de suas características físico-químicas. As amostras estão rotuladas em “comunidade úmida” e “comunidade seca”, de acordo com o resultado da análise TWINSpan para categoria arvoretas (altura > 1,0 m e DAP ≤ 5,0 cm) (<i>sensu</i> Souza, 2002).....	85
Figura 6.1 – Croqui da distribuição espacial das parcelas em relação a variável “Borda cerrado” e “Borda córrego”, amostradas na Mata de Galeria do Pitoco, localizada na Reserva Ecológica do IBGE, DF.....	100
Figura 6.2 – Tipos de solo ocorrentes nos blocos amostrais “a” e “b” na Mata de Galeria do Pitoco, segundo levantamento efetuado no estudo Zoneamento Ambiental da Bacia do Córrego Taquara, DF (Fonte: IBGE, 2005).....	101
Figura 6.3 – Diagrama de ordenação produzido pela Análise de Correspondência Canônica (CCA) para os 27 espécies mais abundantes da categoria mudas (N ≥ 10) amostrados em 100 sub-parcelas (2 m × 2 m × 100 = 400 m ²) na Mata de Galeria do Pitoco (Fonte: Souza, 2002) e suas correlações com as variáveis ambientais. As setas representam direção e magnitude dos valores da variável. A variável “Borda cerrado” (Borda C.s.s)” também pode ser entendida como distância horizontal do curso d’água e a variável Cota, distância vertical do curso d’água. O nome das espécies está abreviado, ex: Alib edu = <i>Alibertia edulis</i> . Entre parenteses está a posição hierárquica da espécie em relação a ordem decrescente do IVC, segundo Souza (2002).	105
Figura 6.4 - Diagrama de ordenação produzido pela Análise de Correspondência Canônica (CCA) para 98 parcelas com indivíduos da categoria mudas (N ≥ 1 em cada parcela) amostrados em 100 sub-parcelas (2 m × 2 m × 100 = 400 m ²) na Mata de Galeria do Pitoco e suas correlações com as variáveis ambientais. As setas representam direção e magnetude dos valores da variável. A variável “Borda cerrado” (Borda C.s.s) também pode ser entendida como distância horizontal do curso d’água e a variável Cota, como distância vertical do curso d’água. As parcelas representadas pelo triângulo na cor cinza, referem-se à “comunidade seca”, e aquelas representadas pelo círculo na cor escura, referem-se à “comunidade úmida” resultantes da análise Twinspan (Souza, 2002).	106

Figura 6.5 – Diagrama de ordenação produzido pela Análise de Correspondência Canônica (CCA) para os 59 indivíduos mais abundantes da categoria arvoretas ($N \geq 10$) amostrados em 100 sub-parcelas ($5 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 100 = 2500 \text{ m}^2$) na Mata de Galeria do Pitoco (Fonte: Souza 2002) e suas correlações com as variáveis ambientais. As setas representam direção e magnitude dos valores da variável. A variável “Borda cerrado” (Borda C.s.s.) também pode ser entendida com distância horizontal do curso d’água. A variável T. solo (“Tipo de Solo”), tem valor mínimo no solo orgânico, valor intermediário no LVAdf e valor máximo para LVAd. O nome das espécies está abreviado, ex: Alib edu = *Alibertia edulis*. Entre parênteses está a posição hierárquica da espécie em relação a ordem decrescente do IVI, segundo Souza (2002). 110

Figura 6.6 – Diagrama de ordenação produzido pela Análise de Correspondência Canônica (CCA) para 100 parcelas com indivíduos da categoria arvoretas ($N \geq 1$ em cada parcela) amostrados em 100 sub-parcelas ($5 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 100 = 2500 \text{ m}^2$) na Mata de Galeria do Pitoco e suas correlações com as variáveis ambientais. As setas representam direção e magnitude dos valores da variável. A variável “Borda cerrado” (Borda C.s.s.) também pode ser entendida com distância horizontal do curso d’água e a variável T.solo (“Tipo de Solo”), que tem valor mínimo no solo Orgânico, valor intermediário no LVAdf e valor máximo para o LVAd. As parcelas representadas pelo triângulo na cor cinza, referem-se à “comunidade seca”, e aquelas representadas pelo círculo na cor escura, referem-se à “comunidade úmida” resultantes da análise TWINSpan (Adaptado de Souza, 2002). 111

Figura 6.7 – Densidade das dez espécies com maiores IVI e IVC, para arvoretas e mudas respectivamente, na “comunidade úmida” e “comunidade seca” levantadas por Souza (2002). A informação da densidade por comunidade foi relativa à classificação TWINSpan realizada para a categoria arvoretas (Fonte: Adaptado de Souza, 2002). 113

Figura 6.8 - Dendrograma obtido pelo método da variância mínima (método de Ward) e usando a distância euclidiana quadrada (D.E.Q.) como medida de dissimilaridade o número de indivíduos das espécies na “comunidade úmida” e “comunidade seca” para a categoria mudas (altura < 1m), com base nas 16 espécies mais importantes (10 >’s IVC – mudas; e 10 >’s IVI – arvoretas) (Adaptado de Souza, 2002). 114

Figura 6.9 - Dendrograma obtido pelo método da variância mínima (método de Ward) e usando a distância euclidiana quadrada (D.E.Q.) como medida de dissimilaridade o número de indivíduos das espécies na “comunidade úmida” e “comunidade seca” para a categoria arvoretas (altura > 1 m e DAP < 5 cm), com base nas 16 espécies mais importantes (10 >’s IVC – mudas; e 10 >’s IVI – arvoretas) (Adaptado de Souza, 2002). 114

Figura 6.10 - Dendrograma obtido pelo método da variância mínima (método de Ward) e usando a distância euclidiana quadrada (D.E.Q.) como medida de dissimilaridade o número de indivíduos das espécies na “comunidade úmida”, “comunidade intermediária” e “comunidade seca” para a categoria árvores, com base nas 16 espécies mais importantes (10 >’s IVC – mudas; e 10 >’s IVI – arvoretas) (Adaptado de Silva Júnior, 1995). 115

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

As Matas de Galeria ocorrem ao longo de pequenos cursos d'água e desempenham importante papel na conservação do solo, na garantia de disponibilidade e qualidade da água na bacia hidrográfica, na conservação da biodiversidade e na manutenção do fluxo gênico de flora e fauna (Haridasan *et al.*, 1997; Lima e Zakia, 2001). Apesar de sua importância, impactos como o aumento da pressão urbana e agrícola, devido ao desenvolvimento econômico acelerado e à inobservância da legislação que as protegem, vêm permitindo que as Matas de Galeria sejam degradadas em ritmo acelerado, gerando a necessidade de reabilitá-las (Felfili *et al.*, 2000).

A recuperação das Matas de Galeria atende tanto a necessidade ecológica, quanto a questão legal da manutenção e conservação da vegetação nativa. Mesmo a atual legislação ambiental brasileira que dispõe sobre as áreas de preservação permanente – APP's, (Lei 4771/65 alterado pela MP – 2166-67, e Resolução Conama nº 303/2002 – MMA, 2002), que tem como um dos objetivos a preservação da biodiversidade, não vem garantindo a manutenção de toda complexidade florística e estrutural destas matas (Silva Júnior, 2001). Pois de acordo com esse autor as “comunidades secas” de árvores de Mata de Galeria, adjacentes ao cerrado sentido restrito, que ocorrem frequentemente além dos limites protegidos por lei vêm sofrendo os maiores impactos.

Como parte das estratégias de recuperação destes ambientes, vários estudos têm sido produzidos no sentido de melhor entender as correlações entre fatores ambientais e a vegetação em Matas de Galeria (Oliveira-Filho *et al.*, 1994abc; Silva *et al.*, 1996; Felfili, 1998;; van den Berg e Oliveira-Filho, 1999). Estes estudos, em geral, buscam determinar quais são os habitats preferenciais das espécies arbóreas destas matas, gerando conhecimento que pode ser utilizado na recuperação de áreas degradadas e auxiliando na resposta às questões tais como: Onde plantar? O que plantar? Como plantar? (Oliveira-Filho, 1994), mesmo já em seus estágios regenerativos iniciais.

Dentre os fatores ambientais responsáveis pelas variações estruturais e florísticas em comunidades de árvores numa mesma Mata de Galeria, pode-se citar como os principais: a topografia, o regime hídrico, o solo, a luminosidade e a temperatura (Oliveira–

filho *et al.*, 1994a ; Silva Júnior *et al.*, 1996; Felfili, 1998; van den Berg & Santos, 2003). Alguns estudos (Felfili, 1993; 1995; Silva Júnior, 1995; Walter, 1995), consideram as variações nos níveis de umidade e luz dentro da Matas de Galeria determinantes da distribuição espacial das espécies, sob as mesmas condições de fertilidade do solo. Em geral, a topografia é considerada como fator mais importante na variação da estrutura de Matas de Galeria, pois esta influenciaria na profundidade, no teor de umidade e nas propriedades físicas e químicas do solo, além do regime de inundação dessas matas (Bourgeron, 1983; Silva Júnior *et al.*, 1996; Felfili, 1998).

Por outro lado, as diferenças esperadas na distribuição espacial da regeneração, em diferentes condições de estabelecimento estariam relacionadas às diferenças genéticas entre indivíduos, à plasticidade fenotípica (aclimatação) quando um indivíduo é submetido a diferentes condições ambientais ou ainda devido ao seu estágio de crescimento (juvenis × adultos) (Felfili *et al.*, 2001). Outros fatores, tais como a proximidade da árvore-mãe (Janzen, 1970), a presença de predadores e/ou herbívoros (Hutchings, 1986), a tolerância ao encharcamento (Joly, 1994), a proximidade do curso d'água e o tipo de solo (Araújo *et al.*, 2004) exercem uma influência no estabelecimento dos indivíduos. Assim, podemos dizer que a distribuição espacial da regeneração natural está relacionada às características intrínsecas das espécies e das condições ambientais locais.

Em se tratando de diferenças entre espécies, experimentos com mudas nativas em Matas de Galeria demonstraram que cada espécie apresenta um diferencial adaptativo de sobrevivência às condições gerais quando plantadas em áreas degradadas (Lazzarini *et al.*, 2001) ou seja, em condições extremas. A plasticidade morfológica e fisiológica intra e interespecífica devem estar correlacionadas com faixas de condições ambientais (Bazzaz, 1979), representadas pela amplitude das condições de fertilidade, umidade e luminosidade, temperatura, entre outras. A distribuição de espécies consideradas generalistas, indiferentes à fertilidade do solo e umidade (ex.: *Tapirira guianensis* Aubl.), estariam relacionadas a faixas amplas de condições ambientais (Correia *et al.*, 2001). Por outro lado, espécies restritas somente a determinados sítios nas Matas de Galeria (ex.: *Pera glabrata* (Schott.) Baill.; *Xylopia emarginata* Mart.) estariam relacionadas a faixas estreitas destas condições (Felfili *et al.* 2000; Walter e Ribeiro, 1997).

Assim, faz-se necessário investigar quais seriam os possíveis fatores ambientais abióticos e bióticos preponderantes na distribuição espacial das espécies em regeneração. Bem como entender quais destes fatores passam a determinar o sucesso no estabelecimento de espécies em diferentes sítios dentro da Mata de Galeria e a partir de que estágio de desenvolvimento da regeneração, podemos estabelecer alguns padrões de correlações com os fatores ambientais. Nesse sentido, o presente estudo surge como uma possibilidade de dar continuidade ao projeto PELD-CNPq “Resiliência de Matas de Galeria na Reserva Ecológica do IBGE” (www.recor.org.br), que vêm respondendo questões importantes quanto ao manejo e recuperação de áreas de Matas de Galeria no Brasil Central (Souza, 2002; Parron, 2004).

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Caracterizar as condições ambientais locais em termos de luz, propriedades físico-químicas do solo e gradiente topográfico, bem como avaliar a associação desses fatores ambientais e a densidade de arvoretas e mudas na Mata de Galeria do Pitoco, localizada na Reserva Ecológica do IBGE, Distrito Federal.

1.1.2. Objetivos específicos

- a) Avaliar as associações entre a densidade de indivíduos da regeneração natural (arvoretas e mudas) e as diferentes classes de abertura do dossel (Capítulo IV);
- b) Caracterizar as variáveis físicas e químicas dos solos ao longo do gradiente topográfico, desde as margens do córrego Pitoco até a borda entre a Mata de Galeria e o cerrado sentido restrito adjacente (Capítulo V);
- c) Avaliar as associações entre as variáveis físico-químicas dos solos, gradiente topográfico e as “comunidade úmida” e “comunidade seca” da regeneração natural, descritas por Souza (2002) para a Mata de Galeria do Pitoco (Capítulo V);

- d) Avaliar concomitantemente as associações entre a distribuição espacial das espécies da regeneração natural (mudas e arvoretas) e as variáveis ambientais locais (Capítulo VI).

1.2. HIPÓTESE

A composição florística e estrutural da regeneração natural arbórea (mudas e arvoretas) apresentam padrões de distribuição espacial relacionados a um gradiente topográfico e seus diferentes níveis de umidade e fertilidade de solos, além de diferentes níveis de luz, tal como nas árvores já estabelecidas (adultas), no entanto, respondem de forma diferenciada em função do estágio de desenvolvimento.

CAPÍTULO 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. O BIOMA CERRADO

O bioma Cerrado está localizado na região Central do país e é o segundo maior bioma do Brasil, com extensão territorial de 2.031.990 km² apenas superado pela Floresta Amazônica (Rezende, 1998; Mettemeier *et al.*, 2005). Trata-se de um mosaico vegetacional que ocupa como área nuclear a região do planalto central brasileiro (Mettemeier *et al.*, 2005). Possui relações ecológicas e fisionômicas com outras savanas da América tropical e de outros continentes, como África e Austrália (Ribeiro e Walter, 1998).

O Cerrado apresenta clima tropical chuvoso, com duas estações bem definidas: verão quente e inverno seco (Aw variando à Cwa, segundo o sistema de classificação de Köppen) com temperatura média de 20,1° C (Ribeiro e Walter, 1998). O período de seca vai de maio a setembro com temperatura média do mês mais frio superior a 18° C. A estação chuvosa, durante o período do verão, ocorre entre outubro e março, sendo que a pluviosidade média é de 1200 e 1800 mm em 65% da área do bioma (Ab'Saber, 1983; Adámoli *et al.*, 1987).

A vegetação inclui fisionomias florestais, savânicas e campestres (Ribeiro e Walter, 1998; 2001) com flora característica e diferenciada dos biomas adjacentes, embora compartilhem muitas espécies (Rizzini 1979; Prado e Gibbs, 1993; Oliveira-Filho e Ratter, 1995) Notadamente, as variações na umidade, na acidez e na baixa disponibilidade de nutrientes, são reconhecidas como as principais determinantes da vegetação das savanas (Montgomery e Askew, 1983; Macedo 1996). Entre as fitofisionômicas do Cerrado, as diferenças se devem diretamente aos gradientes edáficos associados a variações geomorfológicas (Haridasan, 2001). Ribeiro e Walter (1998) comentam que entre as fitofisionomias presentes no bioma Cerrado, as florestais representam áreas com predominância de espécies arbóreas, onde há formação de dossel, contínuo ou descontínuo. Já as formações savânicas referem-se a áreas com árvores e arbustos espalhados sobre um estrato gramíneo, sem a formação de dossel contínuo. Por outro lado, o termo campo designa áreas com predomínio de espécies herbáceas e algumas arbustivas, faltando árvores na paisagem.

As formações florestais do Cerrado pertencem a dois grupos: aquele associado a curso de água (ribeirinhas), geralmente em solos mais úmidos, e os que não possuem associação com curso de água (interflúvios), que geralmente ocorre em solos mais ricos em nutrientes (Prado e Gibbs, 1993; Ribeiro e Walter, 1998). O grupo associado aos cursos de água reúne a Mata Ciliar e a Mata de Galeria (Ribeiro e Walter, 1998; Rodrigues, 2001). A Mata Ciliar é definida como vegetação florestal que acompanha as margens dos rios de médio e grande porte, enquanto a Mata de Galeria, acompanha os riachos de pequeno porte e córregos dos planaltos do Brasil Central, formando corredores fechados (galerias) sobre o curso d'água (Ribeiro e Walter, 2001). As Matas de Galeria possuem dois subtipos (não-inundável e inundável), a mata seca três (sempre-verde, semidecídua e decídua), enquanto o cerradão possui dois subtipos, o mesotrófico e o distrófico (Ribeiro e Walter., 1998).

Segundo Macedo (1996), algumas limitações ou melhores condições ambientais interagem com as condições de solos ácidos, baixa fertilidade e clima estacional dos cerrados fornecendo condições para o aparecimento de diferentes fitofisionomias. O autor afirma que solos arenosos, litólicos ou hidromórficos implicam em diferentes tipos de limitações adicionais, gerando fisionomias que tendem a ser mais abertas, tais como o campo cerrado, campo sujo ou campo limpo (Macedo, 1996). Quando ocorrem condições ambientais que implicam em maior quantidade de recursos hídricos ou edáficos, as fisionomias tendem a ser mais densas, como cerrado denso e Cerradão (Adámoli e Azevedo, 1983; Ratter, 1992), bem como em Matas de Galeria e matas mesofíticas (Macedo, 1996). Ocorrendo um limitante tal como a saturação hídrica, temos campos inundáveis, veredas ou campos de murundus (Macedo, 1996; Ribeiro e Walter, 1998).

Hoeflich *et al.* (1977), descreveu as classes de solos distribuídas para região do Cerrado do Brasil Central, com a ocorrência de 56% da área coberta por Latossolos, 20% por Areias quartzozas, 10% por Lateritas Hidromórficas, 9% por Litossolos e 5% por Podzólicos. Reatto *et al.* (1998; 2005) descreve que dentre as 21 classes de solo que ocorrem no bioma Cerrado, os Latossolos estão associados principalmente a cerradões, cerrados densos e cerrado *sensu stricto*; as Areias Quartzozas estão associadas a cerrado ralo, cerrado *sensu stricto* e cerradão; Podzólicos propiciam o aparecimento de cerrado *sensu stricto*, cerradão e mata seca semidecídua; nos Solos Litólicos predominam o campo rupestre e cerrado rupestre e nos Plintossolos, campo sujo úmido, parque de cerrado e Matas de Galeria. De acordo estes

mesmos autores, no caso dos Solos Aluviais, embora ocorram em apenas 0,1% da área do bioma, estão exclusivamente relacionados à presença de Matas de Galeria e campo limpo úmido.

Haridasan (1994) comenta que a ocorrência dos solos está diretamente relacionada à geomorfologia, com Latossolos ocorrendo em platôs e vales com declividade não superior a 8%, exceto quando o material de origem é predominantemente quartizito. Em locais com declividade maior que 8%, predominam os Cambissolos, pois a alta taxa de erosão impede a formação de um solo profundo. Na parte inferior da paisagem, ocorrem os Solos Hidromórficos, onde aparecem os campos limpos com apenas a camada rasteira predominantemente de gramíneas, e Matas de Galeria, onde ocorrem cursos d'água.

Além do solo, a distribuição da vegetação do Cerrado é condicionada pela latitude, frequência de queimadas, profundidade do lençol freático, proximidade das vegetações que as circundam, pastagens e inúmeros fatores antrópicos, como por exemplo: a abertura de áreas para atividades agropecuárias, a retirada seletiva de madeira, as queimadas como manejo de pastagens etc. (Eiten, 1990; Felfili, 2000; Mittermeier, 2005).

Quanto aos recursos genéticos, o Cerrado é a mais rica entre as savanas tropicais em termos de biodiversidade, com 11.046 espécies catalogadas (Walter, 2006), além de apresentar alto grau de endemismo (Mittermeier, 2005). Silva e Bates (2002) estimam um endemismo de 44% de plantas vasculares, 30% para anfíbios, 20% para répteis, 12% para mamíferos; 1,4% para aves. A diversidade de vertebrados também é alta no Cerrado, mas o endemismo é menor quando comparado ao das plantas. Os mamíferos são representados por 195 espécies, sendo 14 endêmicas (Mittermeier, 2005).

2.2. MATAS DE GALERIA

As Matas de Galeria são consideradas enclaves de vegetação florestal no domínio do Cerrado formando uma rede florestal ao longo dos cursos d'água, geralmente bordeadas por campos (Eiten 1972; Ribeiro e Walter 1998). São designadas também como formações ribeirinhas diretamente influenciadas pela água, através da elevação sazonal do rio ou do lençol freático (Rodrigues, 2001).

A cobertura arbórea das Matas de Galeria, em geral, está entre 75% a 95% sendo comum a ocorrência de árvores emergentes ao dossel que atinge cerca de 20 a 30 metros de altura (Ribeiro e Walter, 1998; 2001). As Matas de Galeria no Brasil Central possuem dois subtipos: a não-inundável, que apresenta curso d'água geralmente perene e a inundável, que apresenta curso d'água variável em topografias planas (Ribeiro e Walter 1998).

Essas matas contêm espécies endêmicas e espécies comuns com a Floresta Amazônica, Mata Atlântica e matas da bacia do Rio Paraná, além de espécies típicas do cerrado *sensu stricto* e das matas mesofíticas do Brasil Central (Oliveira-Filho e Ratter, 1995). As Matas de Galeria, são formações heterogêneas, tanto florística quanto estruturalmente, decorrente de variações ambientais bióticas e abióticas (Oliveira-Filho *et al.*, 1994a) e são consideradas importantes repositórios de biodiversidade (Oliveira-Filho e Ratter, 1995), se configurando como a fitofisionomia arbórea mais rica, diversa e heterogênea no bioma Cerrado (Schiavini, 1992; Felfili, 1993, 1994; Oliveira-Filho e Ratter, 1995; Ramos 1995; Silva Júnior, 1995; Walter 1995; Felfili *et al.*, 2000), ocupando apenas 5% da área do bioma, embora contribuam com 30% do total de sua flora fanerogâmica (Mendonça *et al.*, 1998).

A composição florística, de forma geral, pode ser influenciada por vários fatores em diferentes escalas. O clima é considerado um dos principais fatores, atuando na composição florística em níveis regionais (Ledru, 1993). Em escalas locais, fatores ambientais tais como a altitude, profundidade e composição química do solo, topografia e microambientes, entre outros, têm sido apontados como importantes na seleção e no estabelecimento das espécies (Pagano e Leitão Filho, 1987; Rodrigues *et al.*, 1989, Oliveira-Filho *et al.*, 1994a). Entre os fatores ambientais também pode-se citar as clareiras, os grupos ecológicos e as bordas com outras fitosifionomias, uma vez que há interação entre a vegetação adjacente e a própria mata (Oliveira-Filho, 1994; Felfili, 1995; Silva Júnior *et al.*, 1996).

Essas faixas de florestas tropicais úmidas em meio à vegetação do Cerrado são consideradas corredores para a flora e fauna, possibilitando a ocorrência nos limites do Cerrado, de fauna característica de ambientes florestais e sem adaptação a ambientes xéricos (Mares *et al.*, 1995; Redford e Fonseca, 1986). Deste modo, as Matas de Galeria fornecem abrigo para animais que também utilizam áreas adjacentes, água e alimentos disponíveis na

mata nos períodos da seca (, Fonseca e Redford, 1984; Redford e Fonseca, 1986; Marinho-Filho e Sazima, 1998).

A vegetação que acompanha os cursos d'água também desempenha importante papel na manutenção da qualidade e quantidade da água que emana das microbacias (Kunkle, 1974). A zona ripária protege o curso d'água, filtrando de forma eficaz os sedimentos e nutrientes carregados superficialmente dos terrenos mais elevados da microbacia (Reichardt, 1989; Lima e Zakia, 2001), agindo como um “sistema tampão” (Reichardt, 1989), e preservando a qualidade dos cursos d'água (Parron, 2004).

Quanto à riqueza de espécies nas Matas de Galeria, as consideradas inundáveis apresentam menor diversidade que as não inundáveis (Haridassan, 1998), sendo que para as inundáveis, a dominância de espécies típicas de áreas úmidas é maior (Walter, 1995). Em solos bem drenados geralmente essas matas contêm entre 100 e 200 espécies de árvores por hectare, com diâmetro igual ou superior a 5 cm (Felfili, 2000; Felfili *et al.*, 2001). O número de indivíduos por espécie é bem desigual, com as árvores abundantes apresentando pouco mais que 5% (30 a 150 indivíduos) do total encontrado na mata, que varia entre 600 a 1200 indivíduos por hectare (Felfili, 2000; Felfili *et al.*, 2001). Cerca de 20% das espécies equivalem a mais da metade dos indivíduos em cada local avaliado, enquanto a maioria das espécies está representada por apenas 1 a 2 indivíduos por hectare (Felfili, 2000; Felfili *et al.*, 2001; Santiago *et al.*, 2005). Essas espécies com ampla distribuição espacial e com baixa densidade podem ser consideradas como pouco seletivas quanto às condições edáficas e de umidade, estando sujeitas as amplas faixas de condições ambientais, mas se desenvolvem bem em diferentes sítios dentro da mata (Silva Júnior, 1995; Felfili, 1998).

A proporção entre indivíduos adultos, estabelecidos e não estabelecidos é considerada muito grande (Felfili, 2000). Após 12 anos de estudo em uma Mata de Galeria do DF, Felfili (2000) encontrou uma proporção entre mudas não estabelecidas (< 1 metro); mudas em fase de estabelecimento (> 1 metro e < 5 cm de diâmetro); indivíduos jovens (5 < n < 10 cm de diâmetro); indivíduos adultos (> 10 cm de diâmetro), de 30:9:1:1. A competição pelos recursos necessários ao desenvolvimento do indivíduo é um dos fatores responsáveis pela grande mortalidade entre os diferentes estágios de desenvolvimento (Felfili, 1993, 1994, 1995b; Silva Júnior, 1995; Walter 1995; Felfili, 1997).

Os indivíduos jovens de uma comunidade (mudas e arvoretas) podem se desenvolver passando a estágios posteriores de maturidade, desde que surjam condições favoráveis para seu desenvolvimento, sendo que a disponibilidade de luz é o fator limitante para muitas espécies (Felfili *et al.*, 2001). Por outro lado, a cobertura do dossel da floresta garante condições para que indivíduos jovens de espécies que nela habitam possam sobreviver (Hoffmann, 2000), visto que em ambientes mais abertos, espécies de mata pode não tolerar condições estresse hídrico e aquecimento excessivo (Richards, 1999).

A distribuição de espécies em uma Mata de Galeria, em uma escala local, está relacionada a gradientes de umidade e fertilidade (Silva Júnior *et al.*, 1996; Pinto *et al.*, 2005) determinados principalmente pela topografia (Oliveira-Filho *et al.*, 1994a,b,c) além de diferentes condições de luz (Felfili, 1997; 1998; van den Berg e Santos, 2003), relacionadas ou não ao declive (Whitmore, 1990; Crawley, 1986 citado por Silva Júnior, 1997). Diferenças florísticas encontradas ao longo do perfil topográfico podem formar agrupamentos de determinadas espécies nas partes mais altas do relevo, próximo a bordas com outras fitofisionomias, no meio da mata, onde ocorre a maioria de espécies indiferentes a condições de umidade e fertilidade, e na borda dos cursos d'água, (Silva Júnior *et al.*, 1996; Schiavini, 1997; van den Berg e Oliveira-Filho, 1999; Pinto *et al.*, 2005), onde ocorrem espécies tolerantes à saturação hídrica sazonal (Lobo e Joly, 2001).

2.2.1. O gradiente topográfico

O gradiente topográfico é considerado como um dos fatores mais importantes na variação da estrutura de uma Mata de Galeria porque está relacionado com a profundidade, teor de umidade e com as propriedades físico-químicas do solo (Silva Júnior *et al.*, 1996) bem como o regime de inundação das matas (Oliveira Filho, 1994a; Silva Júnior *et al.*, 1996; Felfili, 1998; Rodrigues *et al.*, 2003).

Estudos de correlações entre espécies e fatores ambientais têm demonstrado que o gradiente topográfico (Oliveira-Filho *et al.*, 1990; Oliveira-Filho, 1994; Silva Júnior, 1995; Walter, 1995; Felfili, 1998), influencia na distribuição espacial e mudança florística de espécies. Estas diferenças se dão tanto no sentido do declive, quanto ao longo da largura das matas (Oliveira-Filho *et al.*, 1990; Silva Júnior, 1995) sendo responsáveis pela grande heterogeneidade espacial observada, uma vez que a topografia influencia a disponibilidade de

água e de nutrientes no solo (Felfili, 1993, 1994; Ramos, 1995; Walter, 1995; Silva Júnior, 1995, 1997, 1998; Silva Júnior *et al.*, 1996)

As condições de drenagem determinadas principalmente pelo gradiente topográfico, dentre outros fatores já citados, influenciam os níveis do lençol freático que condicionam o grau de umidade dos solos, influenciando diretamente em suas características físico-químicas (Rodrigues, 1992; Salis *et al.*, 1994; Oliveira-Filho *et al.*, 1994a). As características diferenciadas dos solos por sua vez, determinam os limites da mata com a vegetação adjacente, a composição florística, a riqueza e a estrutura (área basal e densidade) das espécies (Oliveira-Filho *et al.*, 1994a, b; Silva Júnior *et al.*, 1996; Haridasan *et al.*, 1997).

Através da aplicação de técnicas de ordenação e classificação hierárquica, a topografia também tem sido considerada como fator de diferenciação entre comunidades de plantas que ocorrem a partir dos limites da vegetação adjacente às Matas de Galeria até os cursos d'água. De acordo com Silva Júnior (1995); Silva Júnior *et al.* (2001), as comunidades de plantas em Matas de Galeria podem ser classificadas quanto a sua posição na toposequência em: “comunidades secas” - posicionadas em locais mais altos, próximas à vegetação de interflúvio adjacente as Matas de Galeria; “comunidades intermediárias” - posicionadas em locais intermediários do declive; e, “comunidades úmidas” - localizadas no final do declive e próximas aos cursos d'água. A simples posição no declive (margem do rio, meio e borda) e fronteira com outras fitofisionomias tem sido utilizada para relacionar a ocorrência grupos de espécies ao gradiente topográfico e por consequência, à umidade do solo (Oliveira-Filho, 1994a; 1994c; Schiavini, 1997; Walter e Ribeiro, 1997; Felfili, 1998, van den Berg e Santos, 2003).

Além da topografia outros fatores também podem estar relacionados aos diferentes tipos de comunidade existentes nas Matas de Galeria, por exemplo, proximidade de áreas limítrofes sujeitas ao efeito de borda, comunidades específicas de clareiras (Felfili, 1998), associadas à perturbações (Beltrão, 2003; Dietzsch, 2006) microhabitats específicos (Schiavini, 1992). Diferentes classes de solo (Pinto 1997; Espírito-Santo *et al.*, 2002; Carvalho *et al.*, 2005), é outro fator ligado à formação de diferentes comunidades de plantas. No entanto, sempre relacionado em maior ou menor grau à topografia.

2.2.2. A umidade

Oliveira-Filho (1994), considerou a água como o segundo fator abiótico mais importante, responsável pelo padrão de distribuição espacial das espécies arbóreas em Matas de Galeria, pois, apesar de seu regime ser dependente da topografia, é esta que determina a composição florística num ambiente, seja ele qual for, o que refletirá na sua estrutura. Áreas mais úmidas, por exemplo, propiciam o desenvolvimento de uma flora específica e significativamente diferente de uma área mais seca em uma mesma mata (Oliveira-Filho *et al.* 1994a;1994c; Silva Júnior *et al.*, 1996; Felfili, 1998; Souza, 2002; Pinto *et al.*, 2005).

As condições de saturação hídrica alteram as características abióticas, tanto em nível edáfico como microclimático, afetando a germinação e o recrutamento de indivíduos (Lobo e Joly, 1995), definindo assim a distribuição espacial, composição florística e estrutura da vegetação (Joly, 1994). Logo, de forma direta ou indireta a presença da água se relaciona com fatores que afetam a composição florística e distribuição espacial de indivíduos dentro da mata.

Mudanças no clima ou padrões sazonais climáticos podem criar situações de seca ou inundação, modificando as características dos solos e conseqüentemente afetando as fronteiras entre as comunidades da vegetação, criando micro-sítios com características peculiares dentro de uma mesma comunidade na mata (Silva Júnior *et al.*, 1996). Em solos ácidos, como os que predominam no bioma Cerrado, condições de solo úmido ou alagamentos periódicos levam ainda ao acúmulo de matéria orgânica, e reduções no pH (Silva Júnior *et al.*, 1996; Nogueira e Haridasan *et al.*, 1997). Essas mudanças resultam em a um aumento significativo das concentrações de íons como o Fe^{+2} e o Mn^{+2} disponíveis às plantas (Lobo e Joly, 2001), que em concentrações elevadas se tornam tóxicos para muitas espécies (Haridasan *et al.*, 1997).

Também é esperada uma maior solubilidade do alumínio e de outros micronutrientes nas condições de solo úmido (Silva Júnior *et al.*, 1996; Brady, 1996) ou acréscimo dos valores no sentido borda-curso d'água em uma Mata de Galeria (van den Berg e Oliveira-Filho, 1999). Por outro lado, solos com umidade moderada, como nos habitats próximos ao curso d'água, favorecem a decomposição da matéria orgânica e liberação do CO_2

que acidifica o solo quando reage com a água, enquanto em condições secas, todo o processo é diminuído pela falta d'água (Las Salas, 1987, citado por van den Berg e Oliveira-Filho, 1999).

Mudanças ao longo do gradiente topográfico se relacionam com as diferenças físico-químicas estabelecendo relações entre a topografia, a umidade e a ciclagem biogeoquímica de nutrientes (Parron, 2004). O estudo de Parron (2004) demonstrou que na “comunidade úmida”, onde a umidade do solo é maior, a produção anual de serrapilheira é menor, e a taxa de decomposição maior que na “comunidade seca”. Em função da maior taxa de decomposição o estoque da serrapilheira e o tempo de residência da mesma no solo são menores. Embora o ambiente seja mais úmido, há maior retranslocação de N e S e maior eficiência do uso de K, Ca, Mg e S pelas plantas. Em contraste, onde há uma restrição hídrica na estação seca, a concentração nas folhas e na serrapilheira é maior ocorrendo imobilização de N e S durante a sua decomposição e maior eficiência de N e P pelas plantas.

O regime hídrico influencia ainda, no metabolismo de espécies que em condições de hipoxia ou anoxia, alteram os produtos originados de reações químicas utilizadas na produção de energia sob estas condições, gerando compostos tóxicos e reduzindo as taxas metabólicas (Lobo e Joly, 2001; Felfili *et al.*, 2001). A substituição de microorganismos aeróbicos por anaeróbicos pode levar ao acúmulo de gases (CO_2 , NH_4^+ , H_2S , etc.), álcoois (etanol, butanol, propanol), hidrocarbonetos (etileno, butano, propano), compostos fenólicos (ácido cumárico, ácido ferúlico) e ácidos graxos voláteis (acético, butírico, fórmico) a níveis potencialmente tóxicos (Ponnamperuma, 1984, citado por Lobo e Joly, 2001).

Várias espécies dominantes ou freqüentes em florestas inundáveis não germinam enquanto alagadas ou perdem a viabilidade após a submersão (Ferreira e Ribeiro, 2001). No entanto, segundo estes mesmos autores, a capacidade de tolerar a inundação depende de características intrínsecas da espécie, bem como das variações temporais do nível da água. Uma vez que as plântulas freqüentemente não toleram a submersão total, mas em estágio mais avançado de desenvolvimento, conseguem tolerar inundações parciais com água. Algumas espécies das Matas de Galeria conseguem através de adaptações morfológicas (hipertrofia de lenticelas caules, aerênquima e raízes adventícias) aumentar a difusão de O_2 para as raízes submersas, garantindo uma produção energética satisfatória (Pimenta *et al.*, 1988 citado por Felfili, 2001; Ferreira e Ribeiro, 2001).

A umidade geralmente aumenta da borda da mata até a margem do córrego, onde as condições de umidade do solo podem reduzir a dominância das espécies através da diminuição na competição. Por outro lado, situações de estresse causados pela falta d'água na camada superficial do solo, na fase germinativa ou no estágio mudas das plantas, podem ser críticos para o seu estabelecimento, e refletem a composição de espécies de comunidades adultas (Bazzaz, 1979; Causton, 1988).

2.2.3. Os solos e os nutrientes

As Matas de Galeria estão associadas a uma grande variedade de solos, desde aqueles distróficos do tipo Latossolo, Cambissolos, e Areia Quartzosa até solos mesotróficos (Reatto *et al.*, 1998). Ocorrem também solos Hidromórficos estacionalmente inundáveis (Gleis com vários níveis de matéria orgânica) (Reatto *et al.*, 1998) e solos Podzólicos, sendo que em uma mesma mata pode ocorrer sobre diferentes classes de solo (Haridasan, 1998).

Correia *et al.* (2001) relatam que estas diferenças nas classes de solo são refletidas em mudanças na composição florística e na estrutura da vegetação das Matas de Galeria do Brasil Central. Os autores descrevem ainda que solos muito rasos, como os Cambissolos, apresentam algumas espécies de árvores decíduas, ao passo que Latossolos profundos e bem drenados, localizados em diversas cabeceiras de córregos e locais limítrofes ao cerrado *sensu stricto*, onde a mata se expande ocorreriam outras espécies. Por fim, em Matas de Galeria inundáveis, onde se encontram solos orgânicos e hidromórficos, ocorrem espécies restritas e que dominam estes ambientes, diferentes daquelas dos locais bem drenados (Correia *et al.*, 2001). Em solos férteis, as Matas de Galeria apresentam espécies comuns com matas estacionais que ocorrem em solos mesotróficos e em áreas de afloramento calcáreo no Brasil Central (Silva Júnior, 1995; Haridasan *et al.*, 1997; Resende *et al.*, 1997; citados por Felfili, 2000). Outros autores descrevem que a relação inversa também é verdadeira uma vez que a vegetação nativa de um local tem profunda influência nas propriedades químicas e físicas do solo, que por sua vez, afeta a predominância de certas espécies em detrimento de outras (Silva Jr. *et al.*, 1996).

Em geral, os solos das Matas de Galeria, embora similares aos das formações circunvizinhas, apresentam condições mais favoráveis ao desenvolvimento de floresta (Reatto *et al.*, 1998, 2001), sendo o principal fator responsável, a maior fertilidade dos solos destas

matas em relação a outras fisionomias do Cerrado (Correia *et al.*, 2001). Uma das explicações é que a maior parte dos nutrientes essenciais oriundos de deposição coluvial, lixiviação de nutrientes dos solos e erosão geológica (Haridasan, 1998), são liberados dos ecossistemas a partir das terras mais altas, chegando aos cursos d'água através de seu transporte em solução no escoamento sub-superficial e superficial (Lima e Zakia, 2001). Ao atravessar a zona ripária, os sedimentos e seus respectivos nutrientes podem ser eficazmente retidos por absorção pelo sistema radicular, conforme tem sido demonstrado em alguns trabalhos (Chaves *et al.*, 1997; Lima e Zakia, 2001). Além desses fatores, a umidade constante propiciada pela presença dos cursos d'água, pelo lençol freático próximo a superfície, e também devido ao elevado teor de matéria orgânica proveniente da ciclagem de nutrientes da própria mata, também são características responsáveis pela formação de um ambiente florestal (Reatto *et al.*, 1998, 2001).

Em se tratando de ciclagem de nutrientes, a serrapilheira exerce grande influência sobre o regime hídrico do solo e taxa de decomposição de matéria orgânica, além disponibilizar nutrientes à camada fina de raízes que esta sob o solo, antes de serem lixiviados (Haridasan, 2001), sendo considerada por Haridasan (1998), um dos responsáveis, senão o principal, pela disponibilização de nutrientes às árvores. Entretanto, Pagano e Durigan (2001) salientam que a produção de serrapilheira também é influenciada pelos teores de umidade e fertilidade dos solos que as suportam. Os mesmos autores, estudando as diferenças entre as concentrações dos macronutrientes da serrapilheira de matas encontradas no Cerrado e em matas estacionais semidecíduais também na região do Cerrado, salientam a importância da fertilidade do solo no retorno dos nutrientes ao próprio solo, através da serrapilheira.

Leitão-Filho (1993) ressalta que a composição da serrapilheira pode mudar consideravelmente dependendo da composição florísticas da cobertura vegetal local. Por outro lado, estudo realizado em Matas de Galeria localizado no DF constatou que mudanças na composição florística e concentrações de nutrientes foliares estão associadas com variações das propriedades do solo e condições de drenagem (Nogueira e Haridanan, 1997), demonstrando que o solo, a serrapilheira e a vegetação estabelecem relações de causa e efeito entre si.

Nas Matas de Galeria, a produção anual de serrapilheira difere nos estágios sucessionais, em razão de diferenças na composição florística. Nas Matas Ciliares mais jovens, as espécies pioneiras apresentam rápido crescimento e ciclo de vida mais curto investindo bastante na produção de biomassa em um curto espaço de tempo, e conseqüente aumento nos níveis de fertilidade (Leitão-Filho *et al.*, 1993). A sazonalidade na caducifolia das folhas também é determinada pelo grau de perturbação da fitocenose, sendo que fatores tais como densidade e área basal aparentemente não têm influência na quantidade de serrapilheira produzida (Pagano e Durigan, 2001).

Apesar da disponibilidade de nutrientes ser um dos fatores de formação do ambiente florestal, Felfili (1995), estudando uma Mata de Galeria no DF, descreve que as diferenças nas estratégias adaptativas das espécies, também são importantes mecanismos na determinação dos padrões da vegetação da região do Cerrado. Condições adversas que fazem com que as plantas evitem elementos tóxicos, explorando nutrientes escassos em solos pobres, através da eficiência em absorvê-los ou terem poucos requerimentos nutricionais, determinando os padrões de distribuição da vegetação. Essas adversidades podem fazer com que gradientes de umidade e perturbação se mostrem mais preponderantes na determinação da composição florística do que os nutrientes do solo em ambientes de Mata de Galeria (Felfili, 1995).

Felfili *et al.* (2001) ponderando sobre fatores que influenciam no desenvolvimento inicial de espécies de Mata de Galeria, afirma que em uma mesma mata, é possível encontrar grande variabilidade de nutrientes disponíveis, sendo que algumas espécies são limitadas por essa disponibilidade, mas outras absorvem diferentes nutrientes conforme a oferta ambiental. Outros estudos comprovaram que teores de nutrientes foliares, em uma mesma espécie, variam conforme a disponibilidade dos mesmos em diferentes sítios de uma mesma mata (Góes Júnior, 1996; Nascimento, 1989; e Silva, 1990, citados por Felfili, 2001), ou entre matas com diferentes teores de nutrientes (Nogueira e Haridasan, 1997).

Respostas diferenciadas no que diz respeito a relação entre nutrientes e regeneração natural (mudas e arvoretas) tem sido achadas para espécies de ambientes florestais. Fredeen *et al.* (1991), citados por Whitmore (1996), afirmam que espécies pioneiras são mais eficientes em assimilar nitrato. Whitmore (1996) afirma que algumas espécies,

embora possam apresentar respostas a nutrientes como, NPK em laboratório, podem não apresentar respostas significativas quando observadas em condições naturais. Entretanto, Riddoch *et al.* (1991b), citados por Whitmore (1996), estudando duas espécies Nigerianas (uma pioneira e uma clímax) encontraram respostas positivas na fotossíntese quando adicionados nutrientes minerais, com uma interação significativa entre nitrogênio e luz.

Além da fertilidade dos solos, as características texturais (teores de areia, silte e argila), responsáveis pelas propriedades físico-hídricas, tais como a retenção de umidade e a condutividade hidráulica, são fundamentais no comportamento da distribuição das espécies (Correia *et al.*, 2001). Em um estudo comparativo de fertilidade entre uma área de cerrado sentido restrito e cerradão adjacentes, não foram encontradas diferenças significativas entre as duas áreas, na região de Nova Xavantina, Mato Grosso (Marimom Júnior e Haridassan, 2005). No entanto, os autores sugerem que a textura pouco mais argilosa na área ocupada pelo cerradão pode ter influenciado na maior disponibilidade hídrica durante o ano, influenciando em uma maior área basal e altura para esta fitofisionomia. Portanto, não só as características químicas do solo, mas também as propriedades físico-hídricas podem estar relacionadas à distribuição espacial das espécies na comunidade, ou mesmo entre comunidades.

2.2.4. A luminosidade

Condições de luz estão entre os fatores mais importantes na dinâmica florestal, com cada um afetando a distribuição e o crescimento das plântulas de diferentes maneiras (Fenner, 1985; Spurr e Barnes, 1992). Como em outras florestas tropicais, as Matas de Galeria, geram densa cobertura vegetal, proporcionando pouca incidência da radiação solar no estrato inferior da floresta, o que dificulta o estabelecimento e o desenvolvimento de várias espécies (Raich, 1989; Felfili, 2001).

A maioria das plantas apresenta baixas taxas de crescimento, ou até crescimento nulo com ambientes encobertos de sombra. Esse sombreamento é fator limitante na fase de estabelecimento e na fase juvenil de espécies vegetais e reduções drásticas na intensidade luminosa pelo dossel pode causar efeitos significativos no desenvolvimento de plântulas em Matas de Galeria (Felfili, 1997). No entanto, eventos tais como a formação de pequenas clareiras nas Matas de Galeria aumentam os índices de luminosidade e temperatura, influenciando no estabelecimento e no desenvolvimento de plântulas no sub-bosque

(Osunkoya *et al.*, 1993; citado por Felfili *et al.*, 2001). Mesmo em matas preservadas, as taxas de distúrbio do dossel praticamente garantem que em algum momento de seu ciclo de vida, a maioria das espécies será exposta a condições de clareira (Hartshorn, 1978; Liberman *et al.*, 1985, citados por Felfili, 2001).

Durante o seu desenvolvimento, as espécies também ficam expostas a diferentes condições de luz, devido a diferentes gradientes luminosos que ocorrem da copa ao sub-bosque em função das mudanças na distribuição da folhagem e na estrutura da formação vegetal (Felfili, 2001). Em resposta às diferenças na quantidade de luz, são necessários ajustes na estrutura da folha e morfologia da copa para que espécies regenerem-se e ocupem diferentes microsítios, próprios da Matas de Galeria (Felfili, 2001). Estes ajustes bem como o local em que tais espécies ocorrem, possibilitam a identificação de comportamentos ecológicos nas espécies, que se refletem principalmente, na diferenciação do grau de exigência luminosa observado desde os estágios iniciais de desenvolvimento do indivíduo (Eira e Netto, 1998; Bazzaz, 1991).

Grupos ecológicos têm sido usados para descrever as diferentes demandas por luz, sendo inicialmente proposta por Whitmore (1975), a dicotomia entre as espécies intolerantes à sombra, que requerem clareiras, e as espécies tolerantes à sombra, ou persistentes em ambientes de sombra. Posteriormente, Swaine e Whitmore (1988), descrevem grupos ecológicos de espécies quanto à exigência de luz, que em seguida foram adaptados por Oliveira-Filho *et al.* (1994), sendo compostos basicamente das seguintes classes: pioneiras (P), clímax exigente de luz (CL) e clímax tolerante à sombra (CS). Entretanto, estes termos são tentativas de resumir a realidade de forma a facilitar o entendimento, pois há uma variação contínua quanto às exigências luminosas das espécies, o que representa uma característica mais quantitativa do que qualitativa (Swaine e Whitmore, 1988; Richards, 1999).

As exigências de luz já são marcantes nas espécies antes mesmo da germinação das sementes. Sementes do grupo ecológico de espécies pioneiras apresentam fotoblastismo e/ou termoblastismo positivo e germinam em condição de maior incidência de luz na faixa de onda do vermelho (Eira e Netto, 1998). Apresentam dormência respondendo positivamente ao aumento da temperatura. As do grupo clímax, em geral, também podem apresentar dormência e respondem melhor à predominância da luz do espectro do vermelho longo (infra-vermelho)

(Oliveira *et al.*, 1989 citados por Eira e Netto, 1998). A germinação de muitas espécies pioneiras e clímax demandantes de luz é estimulada por distúrbios tais como enchetes, incêndios e ventos que causam a derrubada de árvores e a abertura de clareiras (Felfili, 1997; 2000). Nas clareiras ocorrem mudanças na razão entre os espectros de luz vermelho/infravermelho disponíveis para o chão da floresta e passam a ocorrer maiores flutuações na temperatura estimulando a germinação principalmente de espécies pioneiras (Bazzaz, 1991). As espécies pioneiras produzem grande número de semente que apresentam longa viabilidade, quando comparadas as tolerantes à sombra (Bazzaz, 1991), no entanto a mortalidade é muito grande, resultando num ciclo de vida mais curto (Bazzaz, 1991; Richards, 1999).

Richards (1999) descreve que na fase madura da floresta, indivíduos jovens de espécies intolerantes são escassos, enquanto espécies tolerantes de todas as alturas são presentes. O autor afirma ainda que as espécies intolerantes à sombra que não apresentam indivíduos jovens, são grandes quando adultas, enquanto espécies tolerantes à sombra são de pequenas e médias estaturas quando completam o crescimento. Para a maioria das espécies tolerantes à sombra, as clareiras são menos essenciais e a vida média das mudas é mais longa (Bazzaz, 1991; Richards, 1999).

Na fase de construção, quando o ecossistema responde a um distúrbio, a composição de espécies depende principalmente de espécies já existentes no sítio e de fontes de sementes disponíveis quando as clareiras são formadas (Richards, 1999). Nestes ambientes perturbados, a elevada densidade de espécies exigentes de luz, quando comparada à baixa densidade em ambientes preservados, ressalta o favorecimento de espécies pioneiras (Felfili *et al.*, 2001).

Mudanças na intensidade luminosa levam as espécies a mostrarem algum grau de adaptações fisiológicas e morfológicas em resposta aos ambientes de sol ou sombra (Garwood, 1996), sendo que estas variações podem ocorrer até o nível intra-específico (Felfili *et al.*, 2001). As diferenças podem ser relativas à genética entre indivíduos, devido à plasticidade fenotípica (aclimatação), ou ainda, interações genótipo-meio ambiente (Felfili *et al.*, 2001). Entretanto, estas variações podem resultar de diferenças entre estádios ontogenéticos (juvenil \times adulto) (Felfili *et al.*, 2001).

2.2.5. O efeito de borda

Bordas são áreas onde a intensidade dos fluxos biológicos entre as unidades de paisagem se modifica de forma abrupta, devido à mudança abiótica repentina das matrizes para os fragmentos e vice-versa (Metzger, 1999, citado por Paciencia e Prado, 2004).

O efeito borda é responsável por várias alterações na composição de espécies, estrutura e dinâmica das comunidades de plantas (Laurence *et al.*, 1998a). As bordas são áreas que estão mais sujeitas às mudanças das condições atmosféricas, incidência de ventos e queimadas que a borda está sujeita (Felfili, 1993, 1995b; Kelman e Meave, 1997; Kelman *et al.* 1998), ocorre também o aumento na penetração da luz solar (MacDougall e Kelman, 1992; Murcia, 1995), que ocasiona a elevação da temperatura no ambiente (Nichol, 1994), e o conseqüente aumento da evapotranspiração (Matlack, 1993), proporcionando assim, a diminuição da umidade relativa do solo e do ar (Kapos, 1989). Os efeitos bióticos e abióticos são mais pronunciados, também em virtude do maior contato com o ambiente circundante, geralmente de forma abrupta, não existindo uma zona de tensão gradual na mudança da comunidade (Laurence *et al.*, 1998a; Felfili *et al.*, 2002).

A flora das bordas das matas de galeria, em princípio, seria composta por espécies resistentes a estresses ocasionais como as queimadas (Meave *et al.*, 1991), sendo detectadas associações das categorias de regeneração com os ambientes, assim como espécies preferenciais tanto de ambientes de borda como de interior de mata. (Kelman *et al.*, 1998; Felfili e Abreu, 1999; Dalenese *et al.*, 2004; Oliveira e Felfili, 2005). Já a margem do curso d'água, que é de fato outro tipo de borda, constitui outra variável complexa, englobando maior umidade do solo, exposição ao sol e suscetibilidade a cheias ocasionais (Souza *et al.*, 2003), que conforme descrito anteriormente, também são determinantes da distribuição espacial de espécies nas Matas de Galeria.

A luz penetra no interior da floresta não só por aberturas no dossel em si, mas lateralmente através da borda da floresta. Aparentemente, tais “aberturas laterais” permitiriam a entrada de luz adicional na floresta até um limite de 30 a 50 m a partir da borda (Van Den Berg e Santos, 2003). MacDougall e Kelman (1992) afirmam que o incremento luminoso no chão da floresta ocorre até uma distância 15 metros. No entanto a extensão para o interior de um fragmento até onde é possível detectar os efeitos de uma borda é ainda bastante

controversa, e uma das dificuldades tem sido produzir uma medida geométrica eficiente para avaliar o efeito borda (Murcia, 1995), mesmo porque o efeito de borda varia de acordo com o tipo de organismo e as características intrínsecas de cada uma das espécies.

Próximo à borda, também ocorre um incremento da mortalidade das espécies arbóreas florestais de grande porte (Laurance 1991), ao mesmo tempo em que é verificado um aumento das espécies pioneiras e tolerantes às condições climáticas do ambiente alterado (Williams-Linera 1990; Laurance *et al.*, 1998b), além de maiores taxas de crescimento destas espécies (Kelman *et al.*, 1998). Neste caso, o ambiente de borda acaba sendo um fator selecionador das comunidades capazes de se instalar e se desenvolver nestas áreas, devido às adaptações necessárias para as espécies habitarem com sucesso esses ambientes ecotonais (Willson e Crome, 1989; Malcolm 1994; Kelman *et al.*, 1998).

As bordas das Matas de Galeria do Cerrado também estão mais sujeitas ao fogo, que ocorre com alta frequência, principalmente como resultado das atividades humanas (Kealman e Meave, 1997; Hoffmann, 1999). Os incêndios que ocorrem em Matas de Galeira têm a característica de originarem-se a partir da vegetação savânica circundante, penetrando somente nas bordas das matas, e em seguida extinguindo-se ao entrar em contacto com o solo úmido, mantido pela cobertura arbórea (Felfili, 1997; Kealman e Meave, 1997). Nas Matas de Galeria em locais onde o fogo é freqüente, a presença de certas espécies restritas a determinados sítios no interior estaria relacionada com a sensibilidade ao fogo, e com o desenvolvimento de espécies resistentes ao fogo ao longo da borda (Kellman *et al.*, 1998).

Em estudos em Matas de Galeria no DF foi observado que não existe transição gradual entre campo sujo e Mata de Galeria, sendo que a última formação começa abruptamente (Felfili *et al.*, 2002). Oliveira e Felfili (2005), estudando a distribuição e associação de espécies em diferentes habitats na mata, estipularam uma borda delimitada fisicamente como a faixa de mata que se segue ao campo com largura de 20 m, tendo observado indivíduos preferenciais por bordas na fase mudas, tais como: *Licania apetala*, *Copaifera langsdorffii*, *Matayba guianensis* e *Ouratea castaneaefolia* representando 40% em relação ao total de mudas (altura < 1 m), e na fase arvoretas (altura > 1 m e diâmetro < 5 cm) *Matayba guianensis*, *Siparuna guianensis* e *Licania apetala* representando 30% em relação ao total de arvoretas. Nas bordas os recrutamentos também podem ser maiores que em outras

porções da mata, além do fato de que os indivíduos podem apresentar maiores taxas de crescimento, mostrando que as bordas são geralmente favoráveis às populações de árvores (Kelman *et al.*, 1998).

2.2.6. Fatores ambientais e o estabelecimento da regeneração

A distribuição espacial é um componente demográfico importante e reflete alguns fatores como a distribuição dos indivíduos parentais, a dispersão de sementes, a predação a herbivoria e a distribuição de sítios (Hutchings, 1986). Na fase de regeneração a densidade é fortemente influenciada pela dispersão das sementes, em maior quantidade nas proximidades da árvore mãe, decrescendo com o aumento da distância em relação à mesma (Janzen, 1970; Whitmore, 1988).

Inicialmente, as espécies de Mata de Galeria sobrevivem após germinação utilizando mais as estruturas de reservas do que os recursos do meio, e à medida que desenvolvem órgãos fotossintetizantes e o sistema radicular, passam a adquirir gradualmente os recursos para o seu crescimento do meio exterior (Felfili *et al.*, 2001). A partir de então, o estudo da estrutura compreendida nos diferentes estágios de desenvolvimento das espécies é preponderante no conhecimento sobre o sucesso no estabelecimento das espécies arbóreas em diferentes habitats e em função dos recursos disponíveis (Felfili e Abreu, 1999). No estágio germinativo, por exemplo, a germinação da semente ou presença da muda não é garantia de estabelecimento e desenvolvimento definitivo da espécie, pois somente uma pequena porção de indivíduos entre 0 e 10 cm de altura sobrevive até atingir as classes de maior diâmetro (Alder e Synnott, 1992). Ao transpor este primeiro estágio de desenvolvimento, o indivíduo irá requerer do ambiente, recursos que podem não estar mais disponíveis localmente, ou mesmo encontrar condições adversas que podem levá-lo ao insucesso de estabelecimento (Felfili, 1997).

Nas fases iniciais de desenvolvimento das plântulas, uma determinada espécie pode ocupar diferentes sítios tais como borda de mata e borda de rio, indicando adaptação a diferentes faixas de condições ambientais (Felfili e Abreu, 1999), ou simplesmente, por ainda não terem sofrido a seleção do ambiente. Posteriormente, a mesma espécie embora possa apresentar ampla germinação na área, só conseguirá se estabelecer em sítios específicos da Mata de Galeria, onde outros fatores como a luz, passam a ser determinantes no

estabelecimento de espécies que inicialmente, ocorriam simultaneamente em sítios com características distintas (Felfili e Abreu, 1999).

O nível de sombreamento também pode ser visto como fator impeditivo ao estabelecimento de plântulas, visto que pode influenciar na diminuição da razão raiz/parte aérea da planta, diminuindo a capacidade de suprimento de água para as folhas e reduzindo o volume de solo explorado pelo indivíduo (Felfili *et al.*, 2001). Plantas de sombra também vão encontrar mais competição por água, devido à densa malha de raízes em comparação com plantas que se estabelecem em uma clareira (Sanford, 1990; Silver e Vogt, 1993; citados por Felfili *et al.*, 2001), embora algumas espécies em fases posteriores de desenvolvimento se mostrem preferenciais por sítios com menor quantidade de luz (Felfili e Abreu, 1999). Para espécies intolerantes à sombra, o incremento de luz no estrato rasteiro, principalmente na fronteira com a vegetação do cerrado, pode disponibilizar sítios que possibilitem o estabelecimento e crescimento das plantas (Resende *et al.*, 2003).

A associação com a inundação periódica, a tolerância ou intolerância ao encharcamento também irão determinar o sucesso no estabelecimento e finalmente a distribuição espacial de árvores em Matas de Galeria entre e dentro de habitats, refletindo assim, a distribuição destes sítios específicos (Resende *et al.*, 2003). Nas margens dos córregos, por exemplo, a força da água e o solo arenoso impedem que as plântulas se estabeleçam, enquanto que na borda (maior teor de argila), a dificuldade de estabelecimento ocorre provavelmente pelo tempo de permanência da água no solo em condições que podem chegar à saturação hídrica (Araújo *et al.*, 2004). Em Matas de Galeria situadas no Sudeste e no Centro-Oeste brasileiro, já foi observado que apesar da maior chuva de sementes ocorrer nas bordas, não acontece o mesmo com a densidade de plântulas nestes locais da mata, porque os propágulos são facilmente carregados pela água (Ribeiro e Schiavini, 1998; Araújo *et al.*, 2004) e/ou devido à seletividade das espécies nestas condições hipóxicas (Araújo *et al.*, 2004).

Por outro lado, autores relatam que picos de mortalidade em Matas de Galeria ocorreram na estação seca, sendo que o recrutamento foi maior na estação úmida (Moreira, 1987; Nascimento e Hay, 1990; Machado, 1990, citados por Felfili, 1997) demonstrando que a sazonalidade, com efeito direto na umidade do solo, parece também ter uma forte influência no balanço entre a mortalidade e recrutamento entre espécies (Felfili, 1997). À medida que as

plantas desenvolvem sistema radicular substancial e folhas maduras nas fases iniciais de desenvolvimento, elas se tornam mais resistentes a períodos secos do que nas fases iniciais, tal como mudas (Felfili, 2001).

É importante ressaltar que altas taxas de recrutamento podem não estar refletindo a associação de determinadas espécies com os sítios disponíveis na mata, sendo meramente, uma consequência do incremento na produção de frutos e consequentemente de sementes (Resende *et al.*, 2003, Schiavini *et al.*, 2001). Muitas das espécies apresentam ciclos de reprodução multianuais (De Steven, 1994, citado por Resende *et al.*, 2003) que se seguem de períodos de mortalidade com baixa produção de sementes e baixo recrutamento (Resende *et al.*, 2003). As flutuações numéricas que ocorrem na população variam de acordo com os anos de frutificação que seriam os de maior recrutamento para a espécie (Schiavini *et al.*, 2001). Nos anos seguintes, o baixo recrutamento (sem frutificação) determinaria a redução do tamanho da população, ou seja, as flutuações populacionais seriam determinadas pela variação do ciclo reprodutivo da espécie (Schiavini *et al.*, 2001).

Embora existam fatores que inibam ou evitem o estabelecimento da regeneração, tais como os já relatados, as mudas das espécies lenhosas de Matas de Galeria, mesmo crescendo sobre solos pobres e ácidos, têm disponíveis grandes quantidades de nutrientes disponibilizados através de uma camada de serrapilheira (Felfili *et al.*, 2001; Haridasan, 1998) e solos mais férteis que de outras fitofisionomias do Cerrado (Correia *et al.*, 2001).

Os fatores bióticos (patógenos e herbívoros) também representam um fator determinante no sucesso do estabelecimento da regeneração, sendo estes também são relacionados às características ecológicas de cada espécie (Janzen, 1970; Bazzaz, 1991). Em florestas tropicais há evidências de que falta d'água, patógenos e herbívoros desempenham maiores papéis na dinâmica do banco de mudas, e cada um destes fatores, agindo por si mesmo, pode em algumas circunstâncias levar populações inteiras de mudas à destruição (Bazzaz, 1991). Causas de mortalidade de mudas e arvoretas após a abertura do dossel podem estar relacionadas ainda, com a fotoinibição, seca e perda de folhas (Janzen, 1970; Bazzaz, 1991).

Os fatores ambientais abióticos por sua vez, determinam a ocorrência de diferentes sítios que conjuntamente, representam amplas faixas de condições ambientais experimentadas pelas espécies (Bazzaz, 1979). Aquelas espécies que apresentam potencial para se adaptarem às grandes variações que ocorrem em ambientes ribeirinhos, serão as mais abundantes em Matas de Galeria (Felfili *et al.*, 2001), refletindo o sucesso no seu estabelecimento. No entanto, deve-se considerar que para a maioria das espécies de florestas tropicais, a taxa de mortalidade segue o padrão “j-invertido”, ocorrendo um baixo nível de estabelecimento para indivíduos da regeneração natural (Felfili, 1997).

CAPÍTULO 3. ÁREA DE ESTUDO

3.1. DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada na Reserva Ecológica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Reserva do IBGE), coordenadas 15°56'41" S e 47°53'07" W. Está a 35 km ao sul de distância do centro de Brasília e possui uma área de 1.350 hectares, e está situada entre a Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília e a Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília (Figura 3.1). A Reserva do IBGE é parte integrante da Área de Proteção Ambiental Gama Cabeça-de-Veado e da Reserva da Biosfera do Cerrado (UNESCO, 2000).

O clima da região é sazonal, com três a cinco meses de seca, classificado como AW (Tropical chuvoso), de acordo com a classificação de Köppen, com precipitação média anual de 1.600 mm (Felfili, 1995). Está localizada na Chapada de Brasília e possui altitude média de 1.100 m. O relevo plano é constituído por sedimentos detrítico-lateríticos (Klink *et al.*, 2002). Os solos predominantes na Reserva Ecológica do IBGE, são os Latossolos vermelho-escuro e amarelo, Cambissolos e Solos Hidromórficos (Klink *et al.*, 2002).

As Matas de Galeria localizadas no interior da Reserva do IBGE ocupam cerca de 104 hectares o que equivale a 7% do total da área da Reserva (Pereira *et al.*, 1993). O restante é ocupado por cerrado sentido restrito, cerradão, campos e veredas, formando gradientes de vegetação entre a chapada e o fundo dos vales, drenados por cinco nascentes que formam a sub-bacia do córrego Taquara (Figura 3.1).

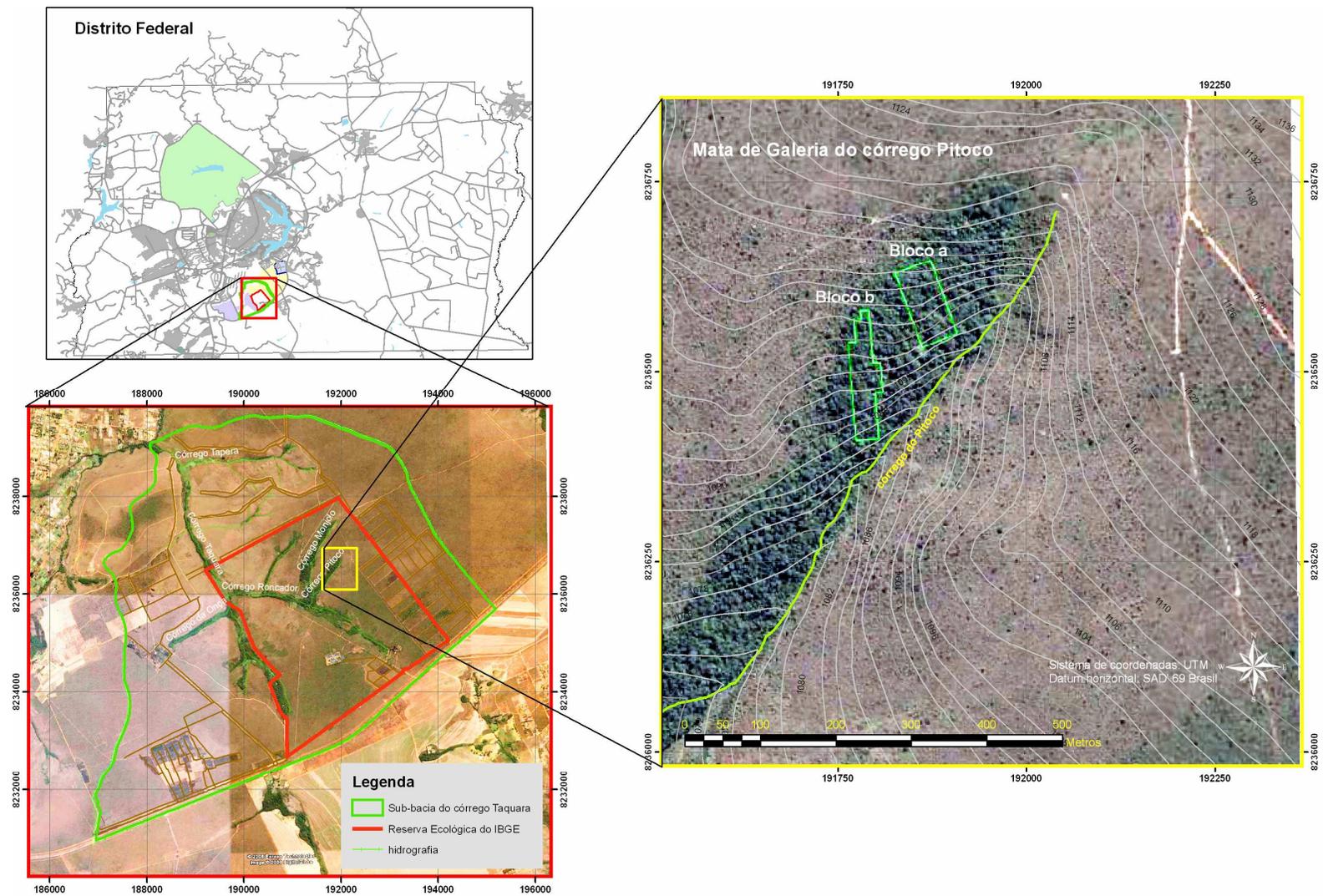


Figura 3.1 – Localização da Mata de Galeria do Pitoco em relação ao DF e a sub-bacia do córrego Taquara, da qual faz parte o córrego Pitoco, mostrando a extensão e largura da mata na área dos blocos amostrais (a e b), na Reserva Ecológica do IBGE, DF (Fonte: Adaptado de IBGE, 2005; Google Earth, 2006).

3.2. HISTÓRICO DOS ESTUDOS REALIZADOS NA ÁREA

Em 1988 foram inventariados indivíduos arbóreos adultos ($DAP \geq 5$ cm) para cada uma das Matas de Galeria, do Monjolo, Pitoco e Taquara (Silva Júnior, 1995) a partir de 250 parcelas (10×10 m) para cada mata. As matas apresentavam à época, histórico de 20 anos sem distúrbios tais como incêndios. A amostragem foi estabelecida em caráter permanente com o mapeamento de todas as árvores. O inventário foi conduzido com o objetivo de investigar principalmente: 1) a composição florística, a fitossociologia e a estrutura diamétricas dessas matas; 2) Se o padrão de distribuição das espécies poderia indicar a presença de diferentes comunidades; 3) As características de solo; 4) Se o padrão de distribuição de solos estaria relacionado com diferentes comunidades dentro da mata; 5) Se a estrutura e as comunidades das Matas de Galeria estariam relacionadas com as variáveis ambientais estudadas; 6) Se as comunidades florísticas das matas apresentavam similaridades entre si. Entre os fatores ambientais, o autor avaliou variáveis físico-químicas do solo bem como o comportamento das mesmas em relação à proximidade da borda da Mata de Galeria com o cerrado adjacente, e com as margens do córrego do Pitoco.

O autor concluiu que a composição florística da Mata de Galeria do Pitoco estava relacionada à topografia, e era composta por três comunidades arbóreas, sejam elas: “comunidade seca” - próxima à fronteira com o cerrado; a “comunidade úmida” – mais próxima à margem do rio; e a “comunidade intermediária” – localizada na porção mediana do declive, entre as duas comunidades anteriores. Foram encontradas diferenças nas variáveis de solo relacionadas às comunidades identificadas na área (Silva Júnior, 1998; Silva Júnior, 1995) além de diferenças entre densidades e área basal entre as espécies de cada comunidade (Silva Júnior *et al.*, 1996). Por fim, para a Mata de Galeria do Pitoco, o autor concluiu que as variáveis ambientais mais ligadas às mudanças estruturais, e à formação de diferentes comunidades florísticas, seriam: 1) a ocorrência de solos com maiores teores de Mg, Ca, Mn e pH na parte mais alta do declive, adjacente ao cerrado, relacionados à “comunidade seca”; 2) solos mais ácidos e com maior quantidade de MO, P e Al nos solos próximos ao córrego do Pitoco. As diferenças foram relacionadas à altura do lençol freático e a diferença no potencial de oxi-redução entre os solos (Silva Júnior 1995; Silva Júnior *et al.*, 1996). Silva Júnior (1995; 2001) demonstrou que as comunidades florísticas das matas do Pitoco, Taquara e Monjolo apresentavam maiores similaridades

florísticas entre as “comunidades secas” das três matas do que entre diferentes comunidades dentro de uma mesma mata.

Em 1994, a Reserva do IBGE passou por um incêndio (fogo acidental) de grandes proporções, após quase 20 anos sem esse distúrbio. Ramos (1999), estudando a sobrevivência das espécies arbóreas na Mata de Galeria do Pitoco, constatou após o incêndio, a morte de 40,3% dos indivíduos amostrados por Silva Júnior (1995); Silva Júnior *et al.* (1996).

Souza (2002), dando continuidade aos trabalhos iniciados por Silva Jr. estudou a fitossociologia e estrutura dos indivíduos arbóreos em regeneração na Mata de Galeria do Pitoco, seis anos após incêndio ocorrido em 1994, como objetivo de estabelecer correlações entre a regeneração natural de mudas (altura < 1m) e arvoretas (altura > 1 m e diâmetro < 5 cm) e: 1) gradiente de umidade; estrato arbóreo inventariado por Silva Júnior (1995). O autor indicou duas comunidades com base na composição florísticas da regeneração natural, sendo essas denominadas comunidades “úmida” e “seca”, tanto para mudas quanto para arvoretas. Em outra publicação, o autor e seus colaboradores informaram um aumento de 99 espécies de árvores em 1988, para 118 na regeneração natural (Santiago *et al.*, 2005). Concluíram ainda que: 1) houve considerável mudança florística dentre as dez espécies mais importantes no estrato das árvores, mudas e arvoretas; 2) houve aumento da importância de espécies intolerantes à sombra na categoria arvoretas; 3) não houve alteração no processo de dispersão de semente indicado para Matas de Galeria do Brasil Central; 4) não houve colonização expressiva de espécies pioneiras como *Cecropia* spp. e *Piptocarpha macropoda*; 5) a densidade de mudas e arvoretas se assemelha a Mata de Galeria do Gama (Fazenda Água Limpa, DF), considerada como área não perturbada. Aparentemente o incêndio de 1994 causou distúrbios de ordem intermediária, com a morte de cerca de 40% das árvores (Ramos, 1999), resultando em alterações no regime de luz no interior da mata e, conseqüentemente favorecendo o estabelecimento de espécies intolerantes (Santiago *et al.*, 2005).

Em suma, Silva Júnior (1995; 1998) e Silva Júnior *et al.* (1996) estudaram a composição florística e a estrutura fitossociológica dos indivíduos adultos, bem como os fatores ambientais na Mata de Galeria do Pitoco, identificando associações diferenciadas entre comunidades florísticas e fatores ambientais. Parron (2004) estudando a Mata de Galeria do Pitoco encontrou diferenças na ciclagem de nutrientes em relação as comunidades florísticas identificadas por Silva Júnior (1995). Nesta mesma Mata de Galeria

Souza (2002), estudando a florística e fitossociologia da regeneração natural, constatou a diferenciação de comunidades florísticas “comunidade úmida” e “comunidade seca”.

Assim, dando continuidade a essa mesma linha de pesquisa na Mata de Galeria do Pitoco o presente estudo tem como objetivo averiguar, tal como realizado para a categoria árvores (DAS \geq 5 cm), por Silva Júnior (1995, 1998; Silva Júnior *et al.*, 1996), se as comunidades florísticas identificadas estão relacionadas aos fatores ambientais locais, como gradiente topográfico e/ou à luminosidade. Com o resultado das análises espera-se comparar e analisar os diferentes estágios de estabelecimento (mudas, arvoretas e árvores) no sentido de detectar e entender as possíveis mudanças, bem como confirmar padrões sugeridos “*a priori*” por Souza (2002).

3.3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.3.1. Amostragem e caracterização do local do estudo

O estudo foi realizado na Mata de Galeria do córrego Pitoco (Mata de Galeria do Pitoco) que acompanha um dos córregos que formam da sub-bacia do córrego Taquara e está localizada a noroeste da Reserva do IBGE (Figura 3.1). A Mata de Galeria do Pitoco apresenta aproximadamente 160 metros de largura em sua cabeceira, tornando-se estreita à jusante, chegando a 120 m ou menos, onde a floresta é concentrada no local mais estreito na base da escarpa do vale (Silva Júnior, 1996). Esta se junta à Mata de Galeria do córrego Monjolo, ligada pelo riacho do Roncador, e posteriormente se junta à Mata de Galeria do ribeirão Taquara, promovendo a jusante, contribuições ao volume de água do Lago Paranoá (Silva Júnior *et al.*, 1996).

A Mata de Galeria do Pitoco apresenta solos Orgânicos (Organossolo), Hidromórficos (Gleisolo), porções de solos Concrecionários (Plintossolos) e Latossolos (Latossolo vermelho-amarelo) (IBGE, 2005). Apresenta relevo de intensidade fraca a moderada, sendo que no local do estudo varia de 10% a 14% em média (Figura 3.2). Quanto à vegetação, as fitofisionomias adjacentes à Mata de Galeria do Pitoco estão o Campo Cerrado, o Campo úmido, o Campo úmido com murundum ou (Brejo com murundum), e a Vereda (Figura 3.3).

No total foram avaliadas 100 parcelas permanentes de 10 m \times 10 m, das 250 estabelecidas no estudo conduzido na Mata de Galeria do Pitoco por Silva Júnior (1995). Estas parcelas, divididas em dois blocos (a e b) de 50 parcelas cada, serviram como objeto

de estudo de Souza, 2002. As parcelas foram alocadas em transectos contíguos e perpendiculares às curvas de nível do terreno (Figura 3.1). Cada transecto foi formado por um número variável de parcelas, em função da largura da mata desde a margem direita do córrego até a borda com o cerrado vizinho.

No interior das parcelas de $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ foram marcadas por Souza (2002), sub-parcelas de $5\text{ m} \times 5\text{ m}$ para amostragem de indivíduos maiores que 1,0 m de altura e com menos de 5,0 cm de diâmetro basal, considerados arvoretas. Dentro dessas sub-parcelas, foram marcadas outras sub-parcelas de $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ para amostragem, de indivíduos menores que 1,0 m de altura, considerados mudas (Fig. 3.4).

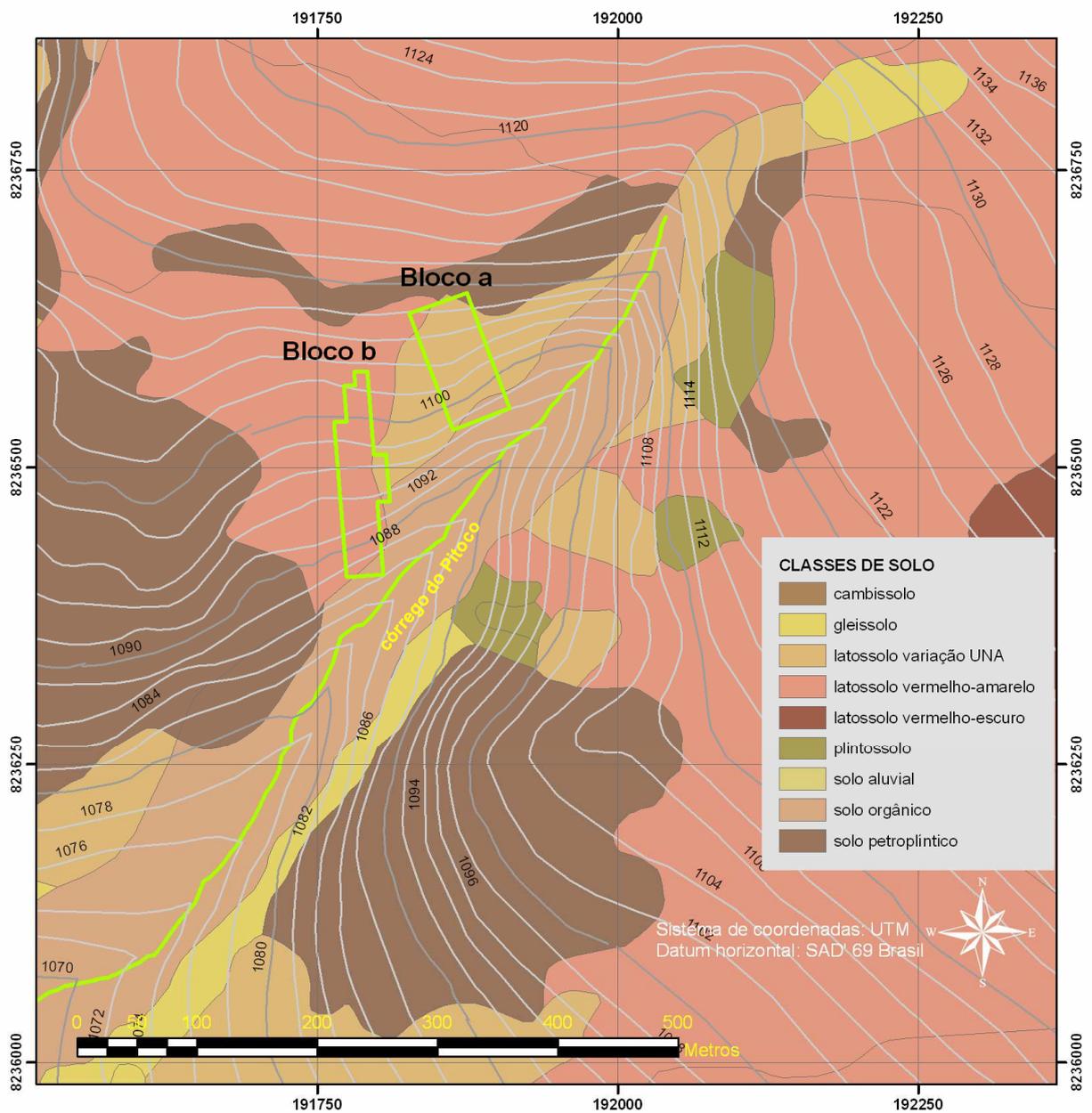


Figura 3.2 – Mapa dos solos da Mata de Galeria do Pitoco e localização aproximada dos blocos amostrais (a e b) e curvas de nível interpoladas de 2 em 2 metros (Fonte: Adaptado de IBGE, 2005).

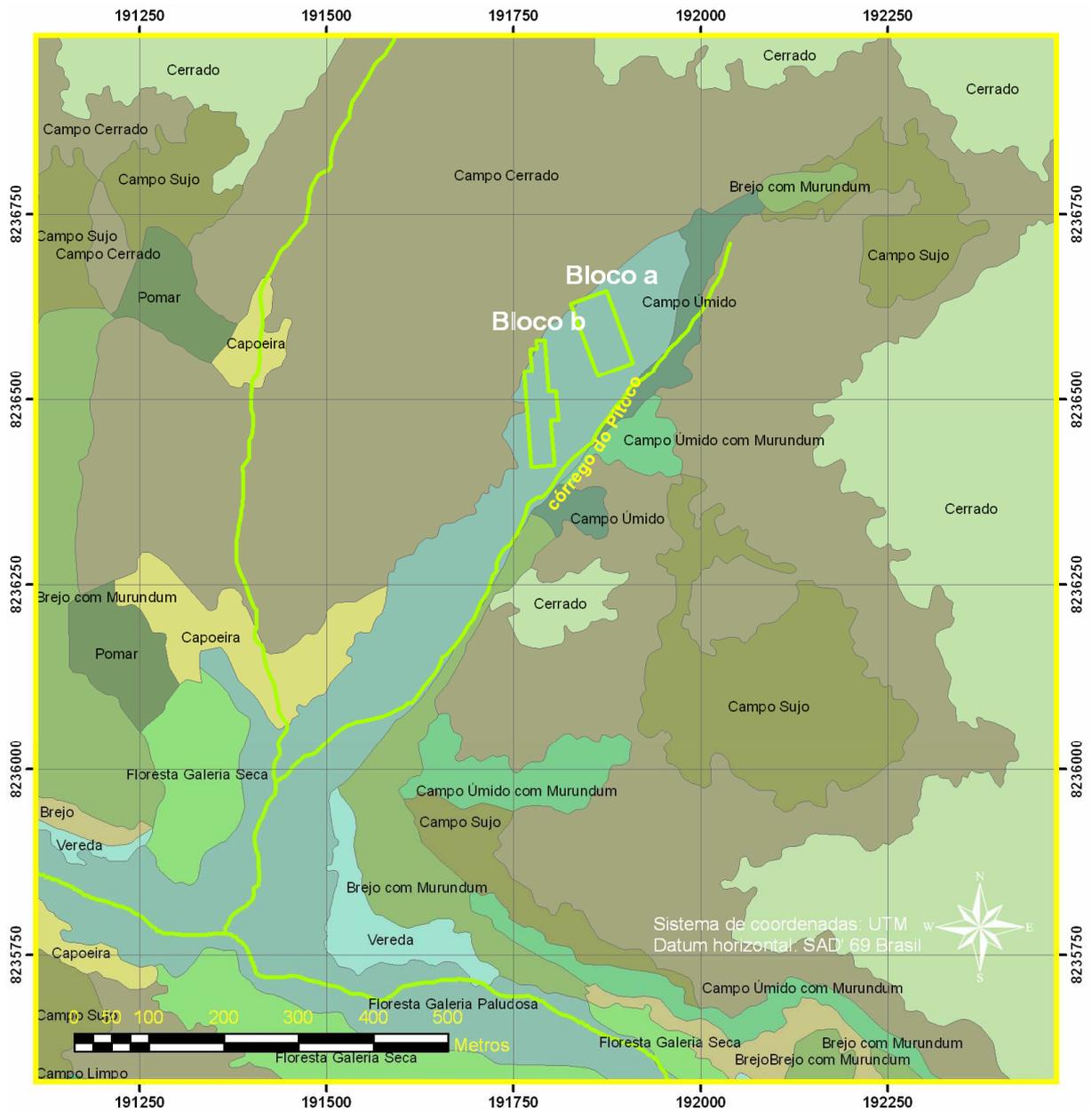


Figura 3.3 – Fitofisionomias circundantes da Mata de Galeria do córrego Pitoco (Fonte: Adaptado de IBGE, 2005).

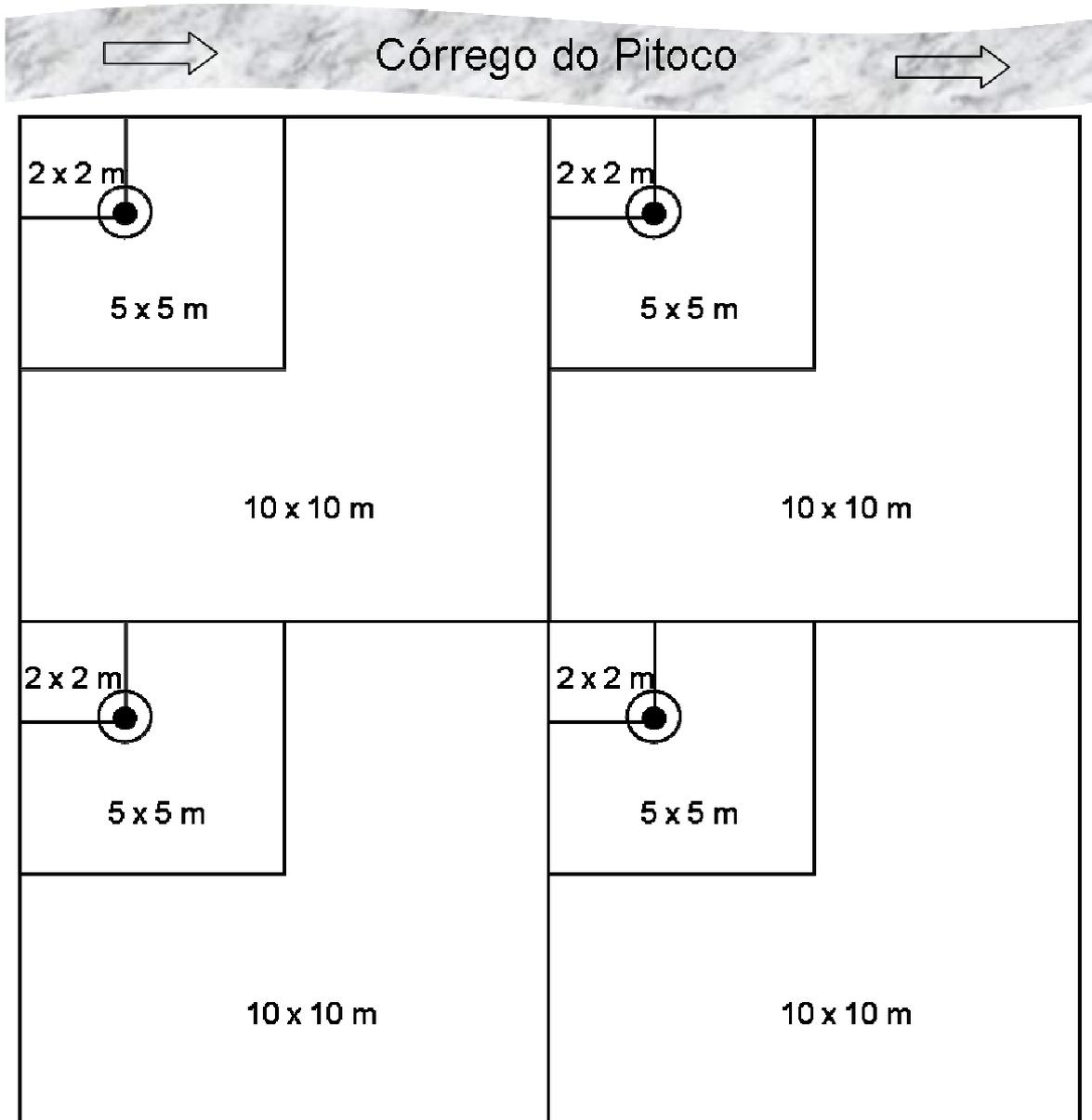


Figura 3.4 – Distribuição das parcelas (10 m × 10 m) e sub-parcelas (5 m × 5 m e 2 m × 2 m) para o levantamento da regeneração natural e local de coleta das amostras de solo (círculo aberto) e avaliação da luminosidade (círculo fechado), na Mata de Galeria do Pitoco, Reserva Ecológica do IBGE, DF (Fonte: Adaptado de Santiago *et al.*, 2005).

3.3.2. Utilização dos dados de Silva Júnior (1995), Souza (2002) e Santiago *et al.* (2005)

3.3.2.1. Classificação florística

Souza (2002) realizou a classificação da regeneração natural para as categorias de mudas (altura < 1 m) e arvoretas (altura > 1 m e DAP < 5 cm) pelo método TWINSpan (Hill, 1979), indicando para as mudas (Figura 3.5) e arvoretas (Figura 3.6), duas comunidades florísticas, denominadas “comunidade seca” e “comunidade úmida”.

Silva Júnior (1995) realizou a classificação das árvores adultas pelo método TWINSpan (Hill, 1979), indicando, três comunidades florísticas, denominadas “comunidade seca”, “comunidade intermediária” e “comunidade úmida”.

A identificação das comunidades florísticas geradas para mudas e arvoretas (Souza, 2002) e árvores (Silva Júnior, 1995), serão utilizadas da seguinte forma:

- Capítulo 5

– na Análise de Componentes Principais (PCA – ‘*Principal Component Analysis*’), identificando as 100 sub-parcelas amostradas nos blocos **a** e **b**, de acordo com a comunidade em que foram classificadas, para mudas e arvoretas;

– identificando as 100 amostras das variáveis físico-químicas do solo colhidas nas sub-parcelas amostradas nos blocos **a** e **b**, de acordo com a comunidade em que foram classificadas, para o posterior cálculo da diferença entre médias das variáveis do solo entre as comunidades, para mudas e arvoretas. O detalhamento da metodologia deste capítulo consta no item 5.2. Materiais e métodos.

- Capítulo 6

– na Análise de Correspondência Canônica (CCA – ‘*Canonical Correspondence Analysis*’), identificando as 100 sub-parcelas amostradas nos blocos **a** e **b**, de acordo com a comunidade a que pertencem.

- na Análise de agrupamento efetuada para mudas e arvoretas;
- na Análise de agrupamento efetuada para árvores;
- na comparação de densidades entre comunidades para mudas e arvoretas;
- na comparação de densidades entre comunidades para árvores.

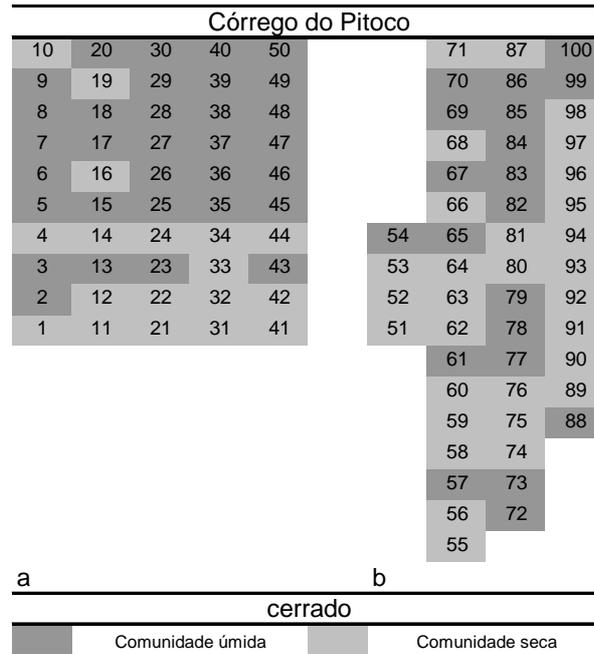


Figura 3.5 – Distribuição das parcelas nos dois blocos amostrais (a e b), indicando as duas comunidades identificadas pelo método TWINSpan, para categoria mudas (altura < 1 m) amostradas na Matas de Galeria do Pitoco, Reserva Ecológica do IBGE, DF (Fonte: Adaptado de Souza, 2002).

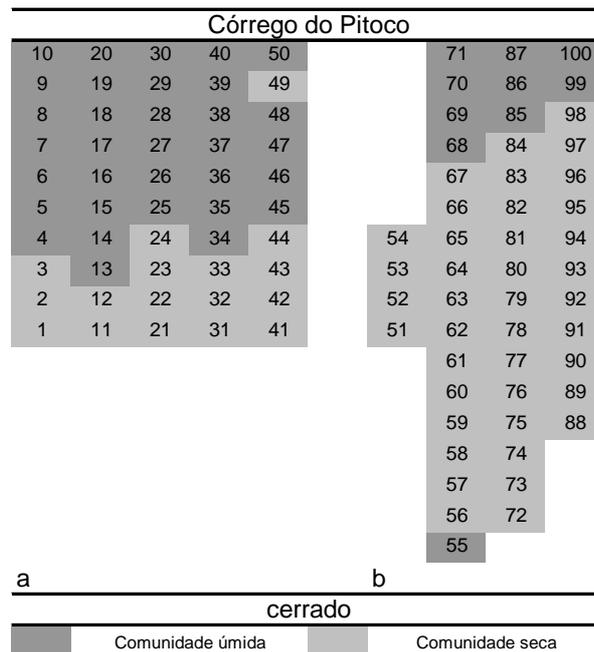


Figura 3.6 – Distribuição das parcelas nos dois blocos amostrais (a e b), indicando as duas comunidades identificadas pelo método TWINSpan, para categoria arvoretas (altura > 1 m e DAP < 5 cm) amostradas na Matas de Galeria do Pitoco, Reserva Ecológica do IBGE, DF (Fonte: Adaptado de Souza, 2002).

3.3.2.2. Fitossociologia

Foram utilizadas informações fitossociológicas das 111 espécies de arvoretas e 77 espécies de mudas inventariadas por Souza (2002) e Santiago *et al.* (2005) nas 100 sub-parcelas amostradas na Mata de Galeria do Pitoco. A partir desta lista de espécies foi selecionado o número de indivíduos de 16 espécies, dentre as dez maiores em valor de cobertura (IVC) e dez maiores em valor de importância (IVI), respectivamente nas categorias de arvoretas (altura > 1 m e DAP < 5 cm) e mudas (altura < 1 m). Também foi selecionada do estudo de Santiago *et al.* (2005), a informação sobre exigência a luz para as 16 espécies selecionadas, onde foi utilizada a denominação “tolerante”, para espécies climax tolerantes à sombra, e “intolerante”, para espécies climax demandantes de luz ou pioneiras. As informações estão sintetizadas na Tabela 3.1, conforme a seguir:

Tabela 3.1 – Espécies que apresentaram maiores valores de importância (IVI) para as arvoretas e os maiores valores de cobertura (IVC) para mudas, suas respectivas posições hierárquicas do IVI e IVC, e o grupo ecológico (GE) em que foram classificadas quanto à exigência por luz (Adaptado de Santiago *et al.*, 2005).

Espécies	GE (Santiago <i>et al.</i> (2005)).	IVI	IVC	Posição	
		Arvoreta	Muda	Arvoreta	Muda
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	intolerante	17,66	2,81	2	23
<i>Symplocos mosenii</i> Brand.	intolerante	15,23	22	3	1
<i>Cupania vernalis</i> Camb.	intolerante	14,41	5,18	4	11
<i>Myrcia rostrata</i> DC.	intolerante	9,73	8,96	6	4
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	intolerante	8,88	8,71	7	5
<i>Inga alba</i> (Sw.) Wild.	intolerante	8,88	10,97	8	2
<i>Pseudolmedia laevigata</i> Tréc.	intolerante	7,48	2,84	10	22
<i>Xylopia sericea</i> A. St. Hil.	intolerante	4,83	7,69	18	6
<i>Maprounea guianensis</i> (Aubl.) M. Arg.	intolerante	4,46	7,17	19	8
<i>Pera glabrata</i> (Schott.) Baill.	intolerante	2,48	5,52	38	9
<i>Vitex polygama</i> Cham.	intolerante	2,38	5,28	40	10
Total para intolerantes		96,42	87,13		
Percentual em relação a todas espécies		32,1%	29,00%		
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	tolerante	17,8	2,45	1	27
<i>Cheilochlinium cognatum</i> (Miers.) A. C. Smith.	tolerante	10,63	4,5	5	12
<i>Tapura amazonica</i> Poepp. e Endl.	tolerante	7,7	3,31	9	19
<i>Cardiopetalum calophyllum</i> Schlecht.	tolerante	5,65	7,47	15	7
<i>Alibertia macrophylla</i> K. Schum.	tolerante	4,12	9,02	23	3
Total para tolerantes		45,9	26,75		
Tercentual em relação a todas espécies		15,3%	13,4%		
Total geral		142,32	113,88		
Percentual total em relação a todas espécies		47,4%	56,9%		

Os dados do número de indivíduos de espécies, para mudas, arvoretas (Santiago *et al.* 2005), e árvores (Silva Júnior, 1995), foram utilizados da seguinte forma:

- **Capítulo 4** – para as espécies apresentadas na Tabela 3.1, que foram analisadas através da Correlação de *Sperman*, e pelo teste do qui-quadrado, entre proporções de espécies tolerantes e intolerantes (Tabela 4.1), para mudas e arvoretas. A metodologia deste capítulo está detalhada no item 6.2. Materiais e métodos.

- **Capítulo 6**

– na Análise de Correspondência Canônica (CCA) para espécies que apresentaram um número de indivíduos acima de 10, para as 100 sub-parcelas amostradas.

– para espécies apresentadas na Tabela 3.1, que foram analisadas através da Análise de Agrupamento, considerando-se também o número de indivíduos das espécies selecionadas, para mudas e arvoretas, nas comunidades indicadas pela classificação TWINSpan.

– para espécies apresentadas na Tabela 3.1, que foram analisadas através da Análise de Agrupamento, considerando-se também o número de indivíduos das espécies selecionadas, para árvores, nas comunidades indicadas pela classificação TWINSpan. A metodologia deste capítulo está detalhada no item 6.2. Materiais e métodos.

CAPÍTULO 4. A LUMINOSIDADE E SUAS RELAÇÕES COM A REGENERAÇÃO NATURAL

4.1. INTRODUÇÃO

As Matas de Galeria do bioma Cerrado em suas fases maduras, tal como em ambientes florestais tropicais perene-fólios, dispõe de densa cobertura do dossel (Raich, 1989). No entanto, distúrbios como incêndios, ventos e enchentes, de origem natural ou antrópica, causam grandes pressões nestas florestas, que por mais resilientes que sejam, ficam propensas à queda de árvores e abertura de clareiras na mata (Meave *et al.*, 1991; Felfili, 1993, 1995; Sevilha, 1999). Estes desequilíbrios no ambiente florestal causam maiores variações de luz, temperatura e umidade nos locais de aberturas de clareiras (Swaine e Whitmore, 1988; Richards, 1999), e criam condições favoráveis à colonização da mata por outras espécies (Whitmore, 1988).

Partindo da premissa que espécies com papel ecológico ou formas de crescimento semelhantes devem mostrar respostas fisiológicas similares (Mooney *et al.*, 1980, citados por Felfili *et al.*, 2001), alguns estudos vêm investigando a associação de espécies com ambientes de maior ou menor quantidade de luz na mata, perturbados ou não. Como resultado, autores têm usado grupos ecológicos para classificar as espécies com características ecológicas e fisiológicas semelhantes (Swaine e Whitmore, 1988). Os grupos seriam basicamente os seguintes: pioneiras (P), clímax exigente de luz (CL) e clímax tolerante à sombra (CS) (Oliveira-Filho *et al.*, 1994a). Entretanto, estes termos podem ser considerados relativos, pois há uma variação contínua quanto às exigências luminosas das espécies, o que representa uma característica mais quantitativa do que qualitativa (Swaine e Whitmore, 1988; Richards, 1999).

Quando uma clareira é aberta, as árvores jovens que nela regeneram incluem espécies tolerantes à sombra, espécies demandantes de luz e outras com características intermediárias (Richards, 1999). No entanto, todas as árvores jovens se desenvolvem com o aumento na luminosidade (Garwood, 1996), embora as pioneiras respondam mais rapidamente que as demais (Richards, 1999). Após um distúrbio, as espécies pioneiras e clímax demandantes de luz podem se beneficiar à medida que frequentemente apresentam bancos de sementes que são dispersas em maior quantidade, apresentam dormência e dispõe de longa

viabilidade (Whitmore, 1983; citado por Swaine e Whitmore, 1988; Eira e Neto, 1998), além de germinarem em condições de grande variação térmica (Bazzaz, 1991). Por outro lado, embora as causas fisiológicas não estejam claras, no ambiente de clareira podem ocorrer efeitos adversos às espécies tolerantes à sombra, que parecem ser resultado de um excessivo aquecimento e estresse hídrico devido à exposição direta à luz do sol (Richards, 1999).

Os ambientes diferenciados das matas, tais como as bordas próximas a outras fitofisionomias adjacentes, também condicionam o estabelecimento de algumas espécies mais adaptadas a estas condições tais como as pioneiras e as clímax exigentes de luz, influenciando na composição de espécies e estrutura da mata (Williams-Linera 1990; Felfili 1993, 1994, 1995, 2001; Kelman *et al.*, 1998; van den Berg e Oliveira-Filho, 1999; Beltrão, 2003). As espécies clímax exigentes de luz também mostram maiores preferências por ambientes secos, próximo aos limites da mata como outras fitofisionomias enquanto espécies tolerantes à sombra são localizadas em sítios mais internos na mata ou próximo aos cursos d'água (Silva Júnior, 1995; Oliveira Filho, 1994c; Ratter, 1992).

As exigências de luz de espécies arbóreas podem ser detectadas a partir da análise da estrutura das populações, fornecendo evidências sobre o grupo ecológico em que a espécie se encontra ou mais se aproxima (Felfili, 1993). Felfili e Abreu (1999), estudando a altura e a densidade de indivíduos em processo de regeneração em uma Mata de Galeria no DF, correlacionaram estas variáveis com diferentes sítios da mata e inferiram sobre o caráter pioneiro e secundário de espécies arbóreas, que são características diretamente ligadas à demanda por luz. Também pode ser observadas através de diferentes tratamentos de luz em viveiro, onde espécies arbóreas tropicais apresentam, de maneira geral, maior crescimento das plântulas com o aumento da iluminação, até a estabilização ou queda da performance a partir de determinada intensidade luminosa, variável entre espécies (Turner, 2001).

Na Mata de Galeria do Pitoco, Santiago *et al.* (2005) observou as diferentes proporções de espécies tolerantes e intolerantes, e constatou que seis anos após o incêndio houve modificações nas proporções entre as espécies em função de suas diferentes exigências luminosas. A densidade de arvoretas tolerantes à luz diminuiu quando comparada à proporção entre as árvores adultas estudadas por Silva Júnior (1995) e Silva Júnior *et al.* (1996), em detrimento do aumento da densidade de arvoretas intolerantes, na mesma mata. Os autores

atribuíram tal comportamento a aberturas no dossel da mata em razão do incêndio ocorrido, bem como constataram o aumento e substituição parcial de arvoretas e mudas em relação aos indivíduos adultos.

Este capítulo tem como objetivo principal avaliar o grau de abertura do dossel na Mata de Galeria do Pitoco, de forma a correlacionar as densidades das espécies tolerantes e intolerantes (Souza, 2002; Santiago *et al.*, 2005) a estas aberturas. A hipótese a ser testada é a de que o incêndio ocasionou distúrbios, como a abertura de clareiras, e que estas clareiras foram responsáveis pelo incremento na proporção de indivíduos intolerantes sobre os tolerantes.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1. Descrição geral da área de estudo - ver Capítulo 3, item 3.1.

4.2.2. Amostragem e caracterização do local do estudo - ver Capítulo 3, item 3.3.1.

4.2.3. Utilização dos dados de Souza (2002) e Santiago *et al.* (2005) (Classificação florística e fitossociologia) - ver Capítulo 3, item 3.3.2.

4.2.4. Avaliação da intensidade de abertura do dossel

Para avaliação da abertura do dossel foi utilizado um densiômetro esférico florestal com formato côncavo quadriculado (modelo A, Arlington, VA), conforme utilizado por Guilherme (2000) e Dietzsch (2006). Este equipamento pode estimar a cobertura foliar de uma ou mais espécies na floresta, através da contagem das quadrículas interceptadas pela folhagem (Englund *et al.*, 2000). Apresenta a vantagem de evitar a alta variabilidade em medições feitas em um mesmo sítio proporcionado pela flutuação de nuvens no céu ou feitas em diferentes horários do dia, como ocorre com instrumentos para medir a incidência da radiação fotossinteticamente ativa (Bjorkman e Ludlow, 1972; citados por Marquis, *et al.*, 1986). Além disso, segundo Nuttle (1997), quando se deseja avaliar a influência do dossel florestal em determinado local, métodos de medição angular, como o densiômetro esférico, são bastante adequados.

A coleta de dados foi realizada no mês de fevereiro de 2003, seguindo os nove transectos perpendiculares às curvas de nível da Mata de Galeria do Pitoco, totalizando 400 medições, ou quatro medições nos vértices de cada parcela. Posteriormente, foi calculada a média do percentual de abertura do dossel das quatro posições para cada uma das 100 parcelas conforme utilizado por Guilherme (2000) e Dietzsch (2006). A informação foi coletada a 1,3 metros do solo, no vértice superior das sub-parcelas (5 m × 5 m) amostradas por Santiago *et al.* (2005) (Figura 3.4).

Para o cálculo de abertura do dossel, em cada uma das leituras, foi utilizada a seguinte equação (Englund *et al.*, 2000):

$$C = \frac{N}{96} \times 100, \text{ em que:}$$

C = cobertura (%) ou abertura (%);

N = número de quadrículas que interceptam as folhas ou o céu.

No presente trabalho, optou-se por mensurar a abertura através da contagem das quadrículas que não interceptaram a vegetação.

Os intervalos de classe de abertura do dossel foi definido através do método da interpolação (IDW – descrito no item 5.2.4) utilizando-se a seguinte fórmula (Spiegel, 1976):

$IC = \frac{A}{nc}$, onde A = amplitude (diferença entre os valores máximo e mínimo) da classe de abertura do dossel; nc = número de classes. O número de classes foi obtido pela fórmula: $nc = 1 + 3.3 \cdot \log(n)$, onde n = número de indivíduos amostrados, para mudas e arvoretas, nas classes tolerante e intolerante (Santiago *et al.*, 2005).

Os intervalos de classe são muitos utilizados em abordagens de classe de altura e diâmetro em análises estruturais (Silva Júnior, 1995; Souza, 2002; Dietzsch, 2006). Tal como utilizado por Arets e Poorter (2003), optou-se por usar esta metodologia para classificação dos intervalos de abertura de forma a facilitar o entendimento das associações entre o número de indivíduos da regeneração de espécies tolerantes e intolerantes consideradas mais importantes (Santiago *et al.*, 2005) e o percentual de abertura do dossel. Por outro lado, a

escolha do método de interpolação de valores pontuais de abertura do dossel se baseia em utilizações para confecção de mapas/figuras que demonstrem os gradientes de luz que ocorrem em uma ambiente florestal (Arets e Poorter, 2003; van den Berg e Santos, 2003), facilitando a interpretação de possíveis influências do gradiente luminoso na ocorrência de espécies arbóreas em função de suas exigências à luz.

4.2.5. Número de indivíduos de espécies

A partir dos dados do número de indivíduos adultos fornecidos por Silva Júnior (1995) e de mudas e arvoretas por Souza (2002), foi utilizado o método de interpolação IDW (descrito no item 5.2.4) para melhor visualização dos dados de densidade das espécies ao longo dos blocos amostrais a e b. O objetivo foi o de comparar visualmente a dispersão de mudas no sentido de estabelecer correlações com a presença ou proximidade de indivíduos parentais (adultas ou arvoretas) em parcelas próximas na mata.

Foram gerados gráficos do número de indivíduos para 16 espécies, dentre as dez maiores em valor de cobertura (IVC) e dez maiores em valor de importância (IVI), nas categorias de arvoretas (altura > 1 m e DAP < 5 cm) e mudas (altura < 1 m) respectivamente, conforme descrito no item 3.3.2.2.

4.2.6. Relação intensidade de abertura do dossel × ocorrência de espécies

Primeiramente foi analisada a correlação entre a densidade de mudas e arvoretas, intolerantes e intolerantes, com a abertura do dossel. Para tanto foi utilizada a Correlação de Spermán (Spiegel, 1976), através do programa Bioestat, Versão 4.0 (Ayres *et al.*, 2005). As correlações foram analisadas para cada categoria (mudas tolerantes, mudas intolerantes, arvoretas tolerantes, arvoretas intolerantes), utilizando os dados de todo o intervalo de abertura do dossel observado na Mata de Galeria do Pitoco, em uma primeira análise e, posteriormente, somente dentro do intervalo delimitado por uma determinada classe de abertura do dossel. Em seguida verificaram-se as diferenças entre as proporções das densidades do conjunto de espécies tolerantes e intolerantes, em razão da intensidade de abertura do dossel, da seguinte forma: 1) mudas tolerantes × mudas intolerantes; 2) arvoretas tolerantes × arvoretas intolerantes. Essas diferenças foram comparadas através do teste do qui-

quadrado (χ^2) a 5% de probabilidade (Spiegel, 1976), utilizando o programa Bioestat, Versão 4.0 (Ayres *et al.*, 2005).

4.3. RESULTADOS

A abertura do dossel nas sub-parcelas amostradas na Mata de Galeria do Pitoco variou de 5,2% a 35,16%, com média de 12,87% e desvio padrão de $\pm 5,25\%$ (Figura 4.1). Das observações anotadas, 26 parcelas estão localizadas na classe de abertura do dossel entre 5,2% e 9,47% (classe 01), 41 estão entre 9,48% e 13,75% (classe 2), 20 estão entre 13,76% e 18,03% (classe 3), 8 entre 18,04% e 22,31% (classe 4), 3 entre 22,32% e 26,59% (classe 5), 0 entre 26,6% e 30,87% (classe 6) e 2 entre 30,88% e 35,16% (classe 7).

O maior número de indivíduos, tanto na categoria mudas quanto nas arvoretas, para espécies tolerantes ou intolerantes foi observado na classe 2 de abertura do dossel que representa 41% dos dados de luminosidade amostrados na Mata de Galeria do Pitoco (ou 41 das 100 sub-parcelas). A soma do número de indivíduos de espécies intolerantes ao sombreamento foi maior que o de espécies tolerantes, em todas as classes de abertura do dossel observadas, exceto na classe de maior abertura, em que o número de indivíduos foi igual entre mudas tolerantes e intolerantes (Figura 4.2), e maior para arvoretas tolerantes do que para arvoretas intolerantes. É importante frisar que as diferenças entre densidades de espécies tolerantes e intolerantes, podem ser relativas ao número de espécies intolerantes que é de 11 dentre as 16 consideradas mais importantes entre mudas e arvoretas, que também apresentam pouco mais que o dobro do valor de VI (arvoretas) e do VC (mudas) (ver Tabela 3.1) em relação às espécies tolerantes.

Não foram encontradas correlações significativas entre mudas tolerantes ($r_s = -0,01$; $p = 0,89$), mudas intolerantes ($r_s = -0,06$; $p = 0,51$), arvoretas tolerantes ($r_s = 0,006$, $p = 0,51$), arvoretas intolerantes ($r_s = -0,18$; $p = 0,059$) e o percentual de abertura do dossel (Tabela 4.1). Também não foram encontradas correlações significativas, quando se considerou somente o intervalo delimitado por cada classe de abertura do dossel (Tabela 4.1).

Na comparação entre as proporções do número de indivíduos de mudas de espécies tolerantes e intolerantes, não foram encontradas diferenças significativas a 5% de probabilidade ($\chi^2 = 2,12$; $p = 0,83$), sendo que as espécies intolerantes apresentaram em torno do triplo de indivíduos quando comparadas as tolerantes, com exceção das últimas duas classes de abertura do dossel, que não apresentaram (classe 6), ou apresentaram poucos indivíduos (classe 7) (Figura 4.2).

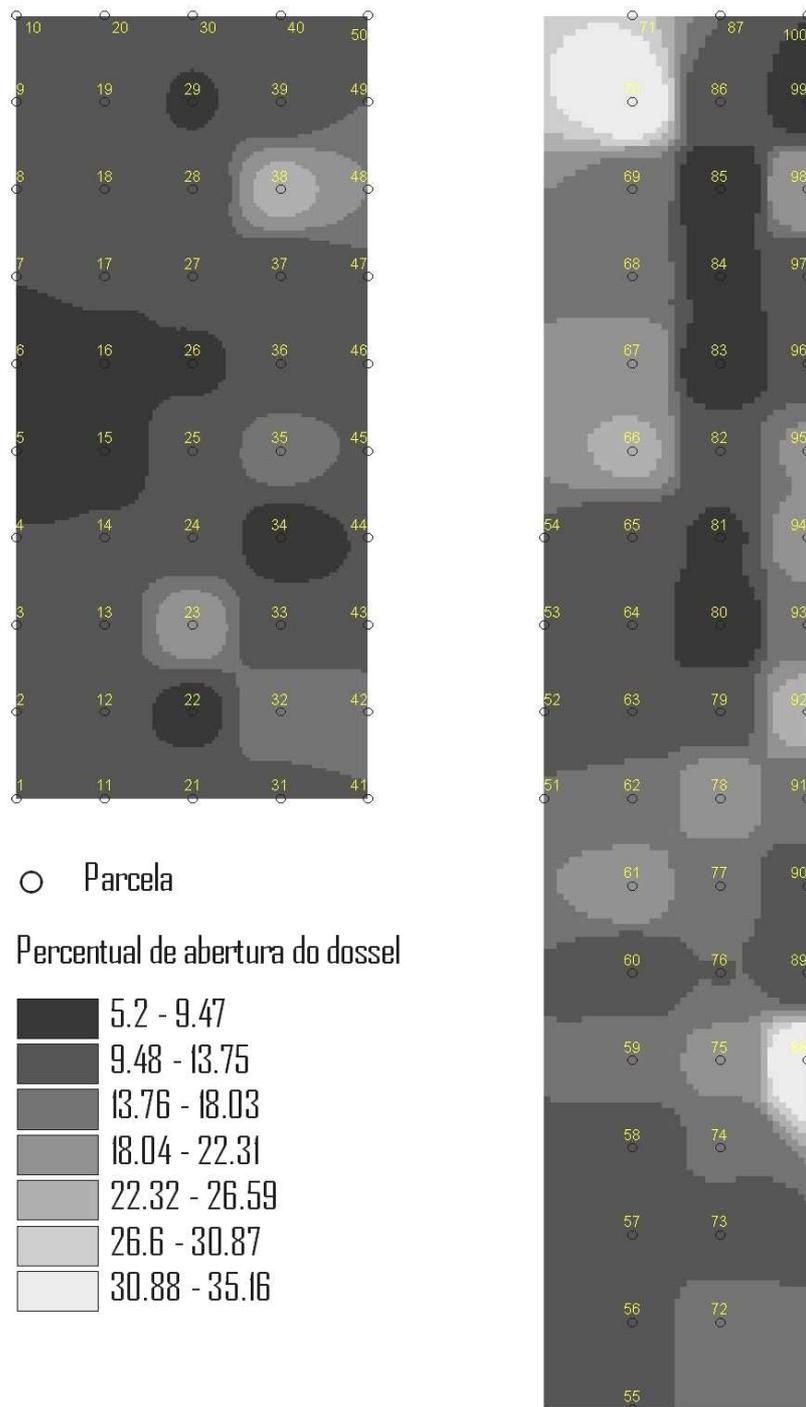


Figura 4.1 – Gradiente dos valores percentuais de abertura do dossel, em dois blocos amostrais (a e b), totalizando 100 sub-parcelas amostradas na Mata de Galeria do Pitoco, Reserva Ecológica do IBGE, DF.

Tabela 4.1 – Correlação de *Sperman* entre intensidade de abertura do dossel vs. número de indivíduos de arvoretas tolerantes, vs. arvoretas intolerantes, vs. mudas tolerantes, vs. mudas intolerantes e os respectivos níveis de significância (*p*).

Intervalo de abertura do dossel (%)	Arvoretas tolerantes		Arvoretas intolerantes		Mudas tolerantes		Mudas intolerantes	
	<i>rs</i>	<i>p</i>	<i>rs</i>	<i>p</i>	<i>rs</i>	<i>p</i>	<i>rs</i>	<i>p</i>
5,2% - 35,16%	0,006	0,512	-0,18	0,059	-0,01	0,895	-0,06	0,517
5,2% - 9,47%	0,11	0,565	0,12	0,552	0,08	0,675	0,17	0,395
9,48% - 13,75%	0,06	0,671	-0,06	0,708	0,01	0,911	-0,13	0,410
13,76% - 18,03%	0,09	0,701	-0,32	0,155	0,13	0,568	0,38	0,093
18,04% - 22,31%	-0,47	0,230	-0,05	0,896	0,10	0,802	-0,53	0,172
22,32% - 26,59%	-0,86	0,333	0	ns	0,86	0,333	0	ns
26,6% - 30,87%				___*				
30,88% - 35,16%				___**				

* ausência de indivíduos para o cálculo nesta classe de abertura do dossel; **número de observações inferior ao mínimo necessário para o cálculo da correlação de *sperman*.

Para arvoretas, a comparação entre as proporções de número indivíduos de espécies tolerantes e intolerantes apresentou diferenças significativas a 1% de probabilidade ($\chi^2 = 27,40$; $p < 0,01$), sendo que nas duas primeiras classes de abertura do dossel, o valor do número de indivíduos de arvoretas intolerantes é superior ao dobro do número de indivíduos de espécies tolerantes. No entanto, nas demais classes de abertura, a proporção entre o número de indivíduos tolerantes e intolerantes diminui, com indivíduos tolerantes apresentando maior número na classe de maior abertura do dossel (Figura 4.3).

As três classes iniciais de abertura do dossel, que equivalem a uma amplitude de 5,2% a 18,03% de abertura do dossel, representam 87% das observações amostradas na mata de galeria do Pitoco. Apesar de ocorrerem poucas parcelas com maiores aberturas do dossel (13 parcelas entre 18,04% e 35,16%), e conseqüentemente, com menor número de indivíduos observados, a categoria arvoretas apresentou uma tendência de diminuição da proporção entre espécies tolerantes e intolerantes a partir da “classe 3” de abertura do dossel.

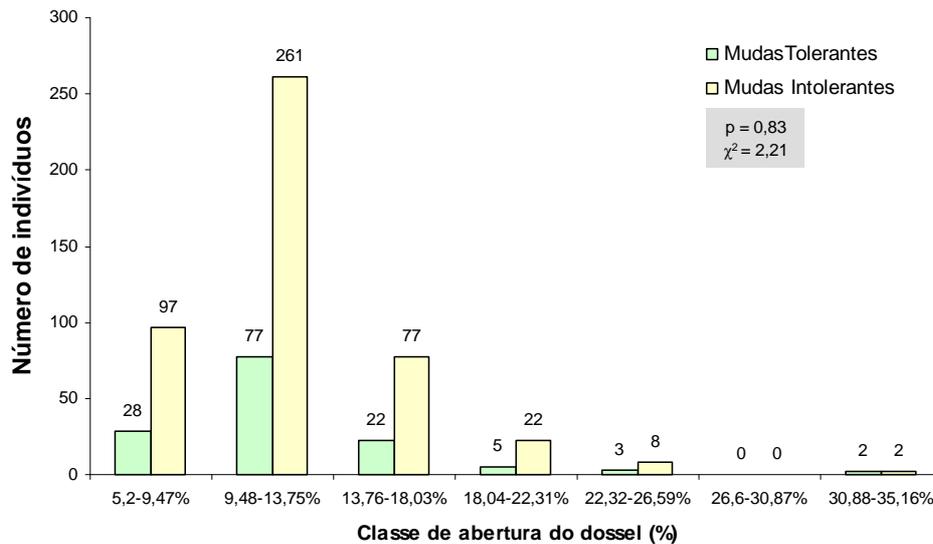


Figura 4.2 - Número de indivíduos tolerantes e intolerantes na categoria mudas (altura < 1 m) selecionados dentre as 16 espécies mais importantes (10 >'s IVC – mudas; e 10 >'s IVI – arvoretas; Santiago *et al.*, 2005), em função da classe de abertura do dossel. As diferenças entre as proporções do número de indivíduos nas classes de abertura do dossel foram verificadas pelo teste do qui-quadrado (χ^2).

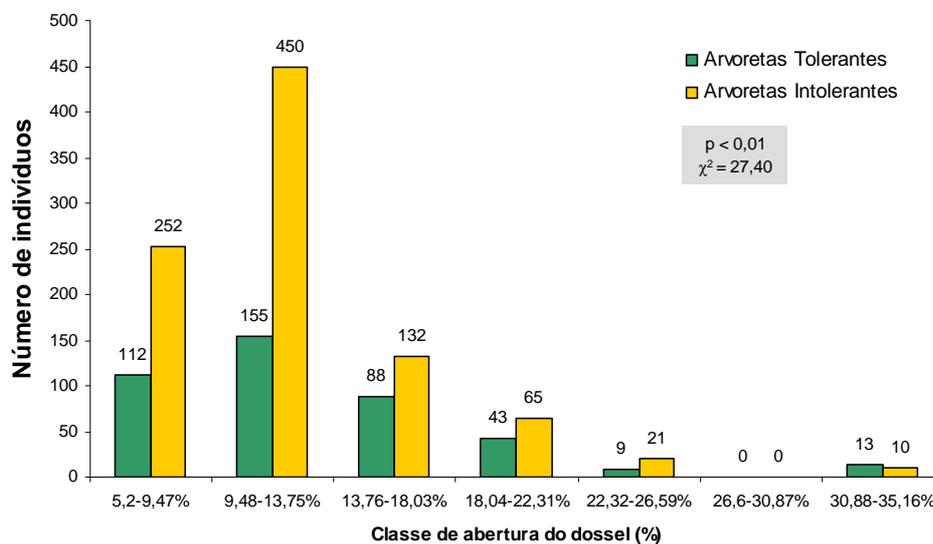


Figura 4.3 – Número de indivíduos tolerantes e intolerantes na categoria arvoretas (altura > 1 m e DAP < 5 cm) selecionados dentre as 16 espécies mais importantes (10 >'s IVC – mudas; e 10 >'s IVI – arvoretas; Santiago *et al.*, 2005), em função da classe de abertura do dossel. As diferenças entre as proporções do número de indivíduos nas classes de abertura do dossel foram verificadas pelo teste do qui-quadrado (χ^2).

As figuras numeradas de 4.4 a 4.9 apresentam a densidade das espécies consideradas mais importantes entre mudas e arvoretas. Pode-se perceber que a dispersão de arvoretas está relacionada, em grande parte, a presença próxima do indivíduo parental (adulto). Quanto à dispersão das mudas, estas parecem se correlacionar tanto com o posicionamento dos indivíduos adultos quanto com o posicionamento de indivíduos jovens, como as arvoretas. Na comparação visual entre os grupos ecológicos, parece não haver um padrão distinto de dispersão em função da exigência a luz, como por exemplo, um maior número de indivíduos de espécies intolerantes próximas à borda da mata com o cerrado adjacente.

Indivíduos jovens (mudas e arvoretas) que não apresentam potenciais indivíduos parentais em locais próximos, como é o caso de *Alibertia macrophylla* (Figura 4.4), provavelmente foram trazidos de outros locais por agentes dispersores, tais como mamíferos ou aves, que representam 94% dos prováveis dispersores das espécies mais importantes analisadas (Santiago *et al.*, 2005).

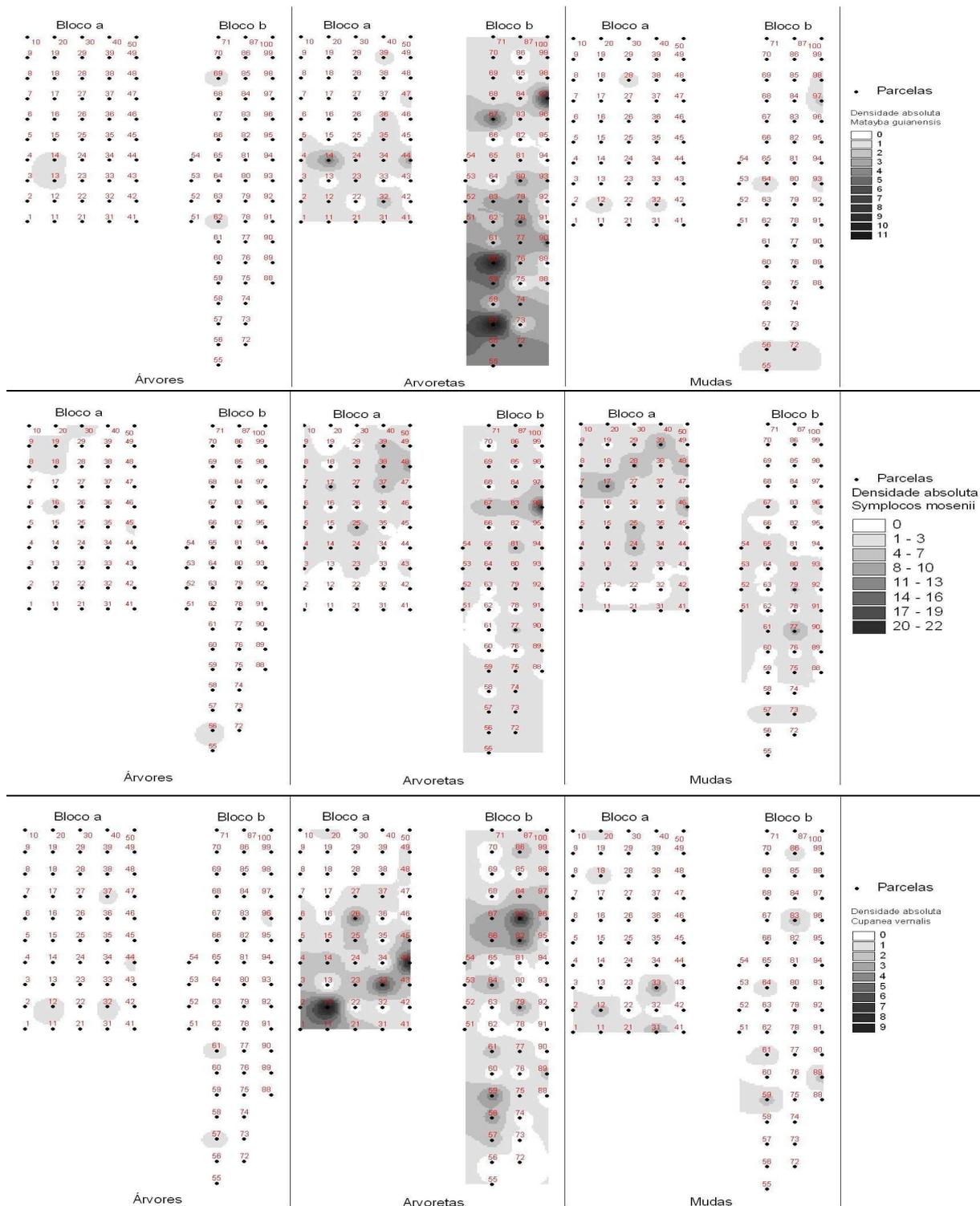


Figura 4.4 – Número de indivíduos das espécies intolerantes *Matayba guianensis*, *Symplocos mosenii* e *Cupanea vernalis*, entre mudas (altura < 1 m) e arvoretas (altura > 1m e DAP < 5 cm) consideradas mais importantes (Tabela 3.1) e árvores (DAP ≥ 5 cm) (Adaptado de Silva Júnior, 1995; Santiago et al., 2005).

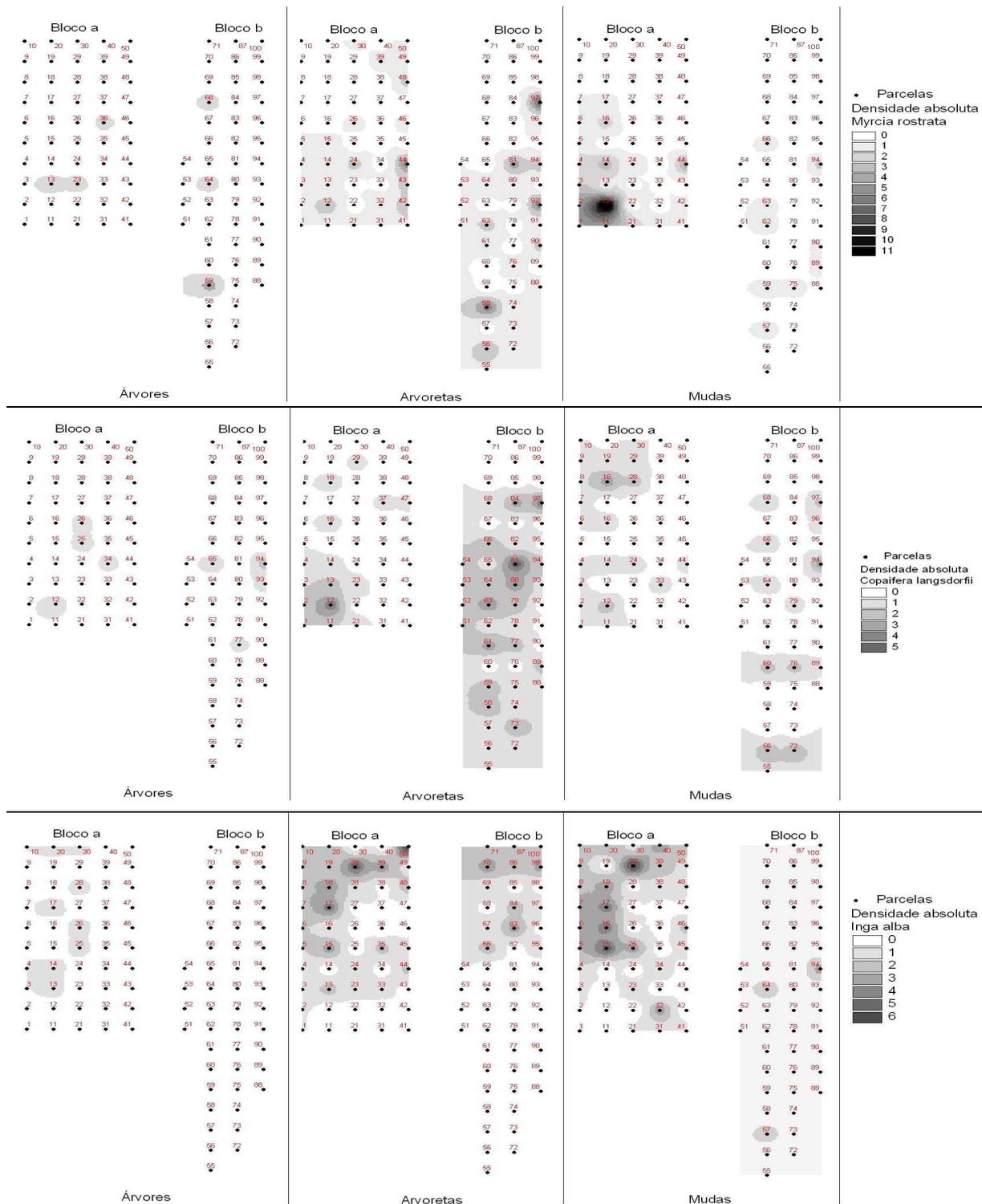
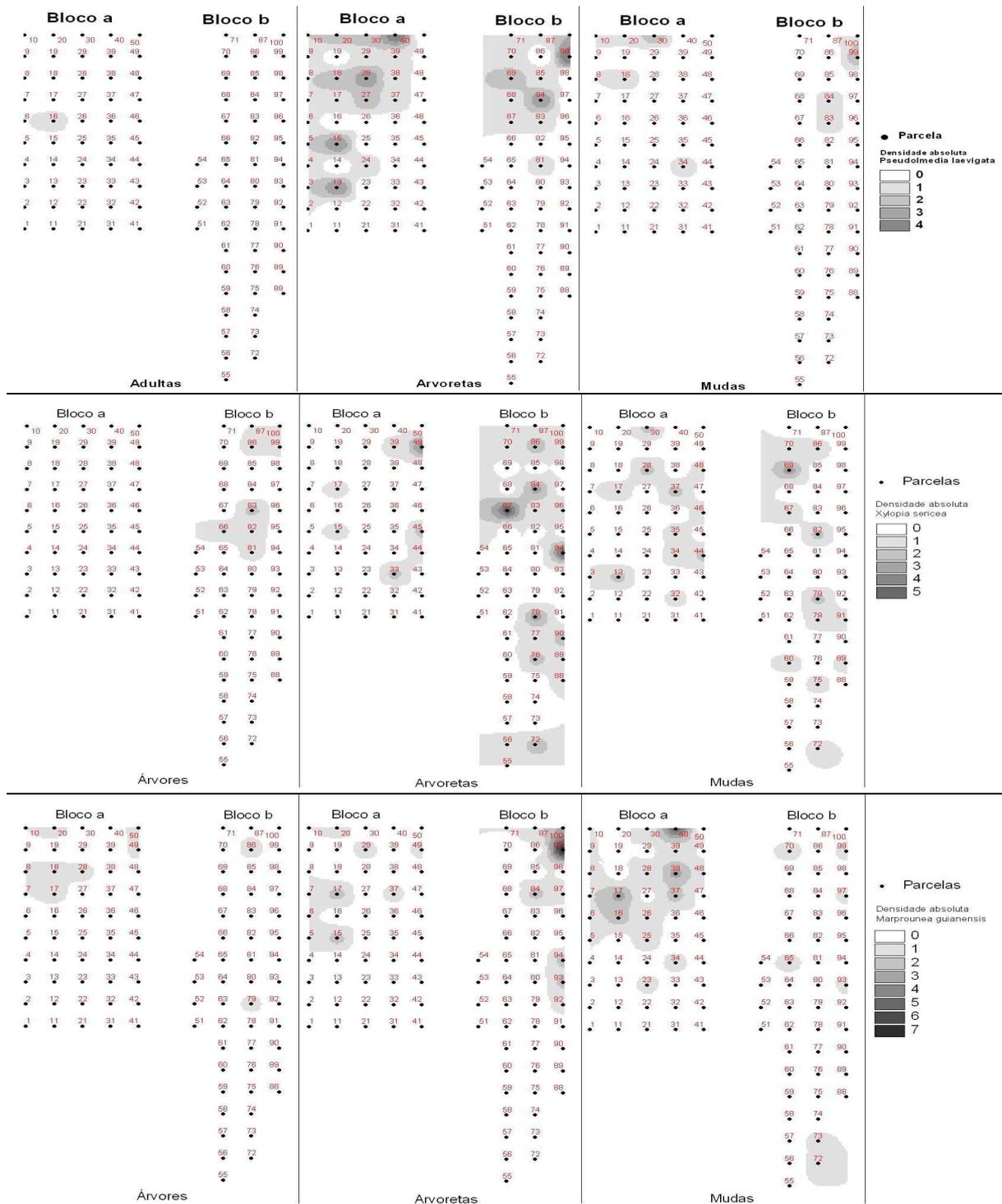


Figura 4.5 – Número de indivíduos das espécies intolerantes *Myrcia rostrata*, *Copaifera langsdorffii* e *Inga alba*, entre mudas (altura < 1 m) e arvoretas (altura > 1m e DAP < 5 cm) consideradas mais importantes (Tabela 3.1) e árvores (DAP ≥ 5 cm) (Adaptado de Silva Júnior, 1995; Santiago et al., 2005).



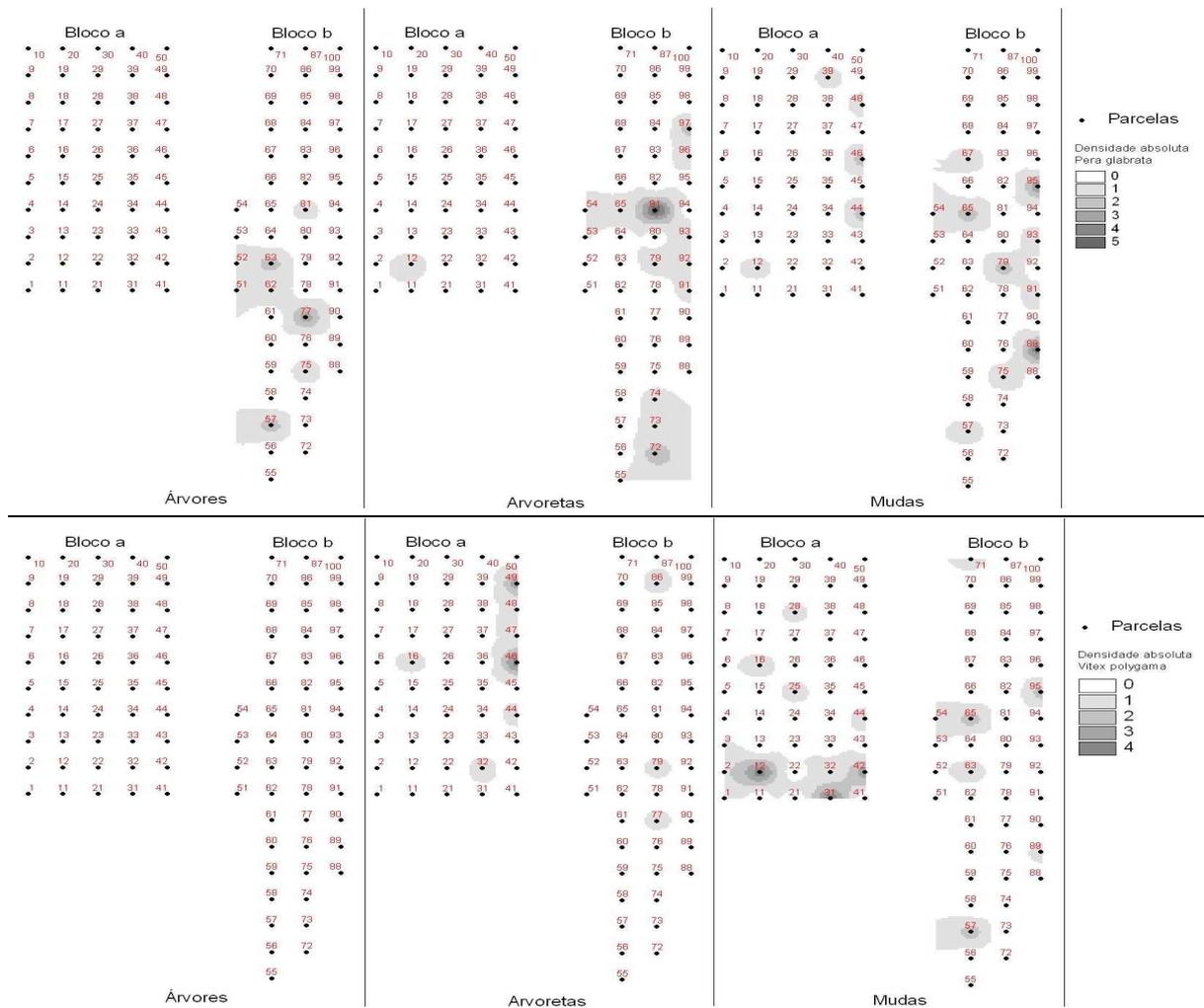


Figura 4.7 – Número de indivíduos de espécies intolerantes *Pera glabrata* e *Vitex polygama*, entre mudas (altura < 1 m) e arvoretas (altura > 1 m e DAP < 5 cm) consideradas mais importantes (Tabela 3.1) e árvores (DAP \geq 5 cm) (Adaptado de Silva Júnior, 1995 ; Santiago *et al.*, 2005).

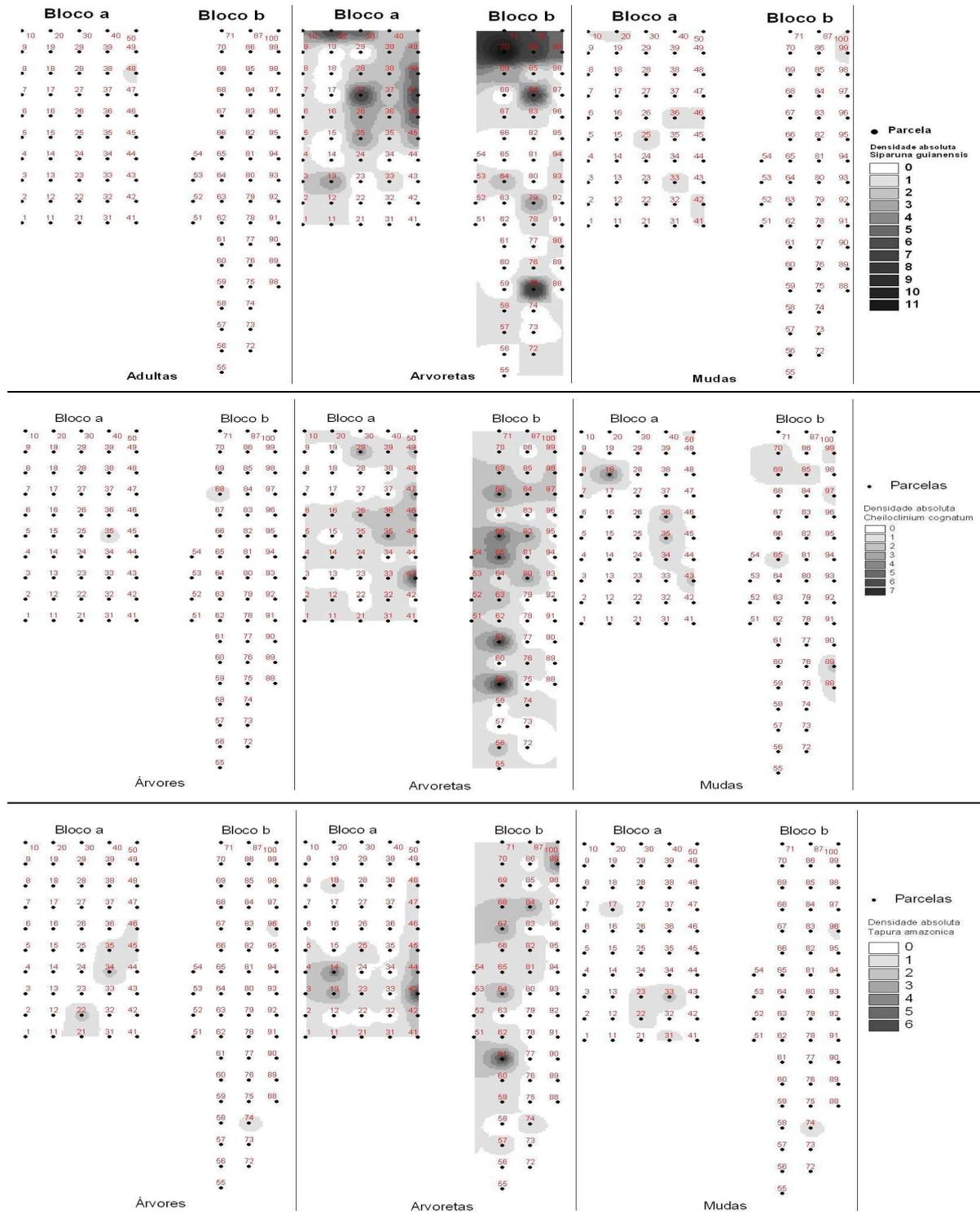


Figura 4.8 – Número de indivíduos de espécies tolerantes *Siparuna guianensis*, *Cheilodinium cognatum* e *Tapura amazonica*, entre mudas (altura < 1 m) e arvoretas (altura > 1 m e DAP < 5 cm) consideradas mais importantes (Tabela 3.1) e árvores (DAP ≥ 5 cm) (Adaptado de Silva Júnior, 1995; Santiago *et al.*, 2005).

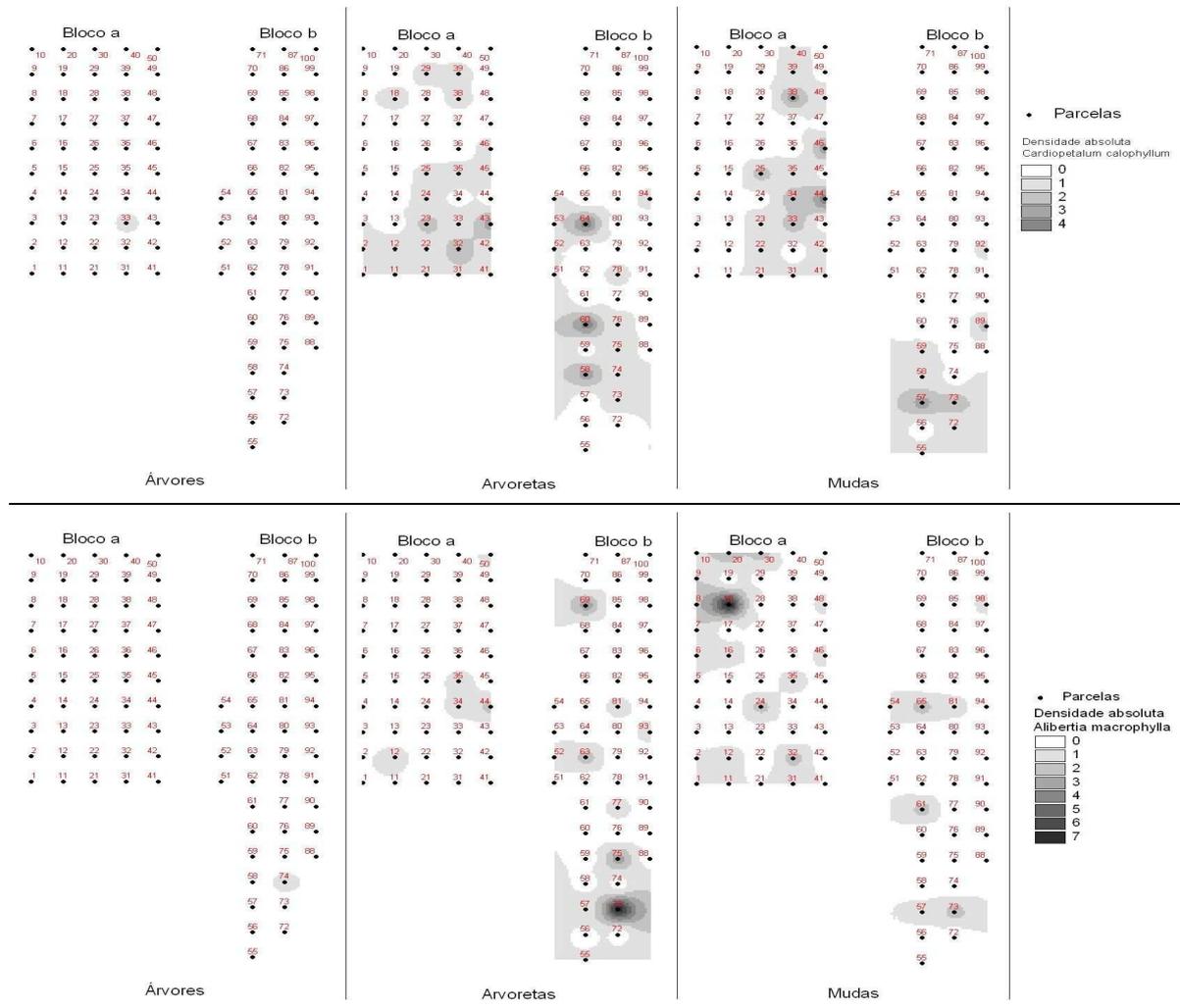


Figura 4.9 – Número de indivíduos de espécies tolerantes *Cardiopetalum calophyllum* e *Alibertia macrophylla*, entre mudas (altura < 1 m) e arvoretas (altura > 1 m e DAP < 5 cm) consideradas mais importantes (Tabela 3.1) e árvores (DAP ≥ 5 cm) (Adaptado de Silva Júnior, 1995; Santiago *et al.*, 2005).

4.4. DISCUSSÃO

A abertura do dossel na mata de galeria do Pitoco que variou de 5,2% a 35,16%, com média de 12,87% ($\pm 5,25\%$), podendo ser considerada pouco maior que a taxa média de abertura para florestas tropicais encontradas em outros estudos (van de Berg e Santos, 2003; Trichon *et al.*, 1998). Poorter e Arets (2003) observaram para uma floresta tropical não perturbada na Amazônia boliviana, valores de abertura entre 0,2% a 10,6 %, com média de 3,5%.

Em Matas de Galeria que não apresentam entorno urbano e nem influência antrópica direta, tal como para a Mata de Galeria do Pitoco, Guilherme (2000) observou para a Mata de Galeria do Monjolo, também localizada na Reserva Ecológica do IBGE, valores de abertura do dossel que variaram entre 22,6% a 42,45% com média de 27,45%. A Mata do Monjolo apresenta valores mínimos e médios maiores que os observados na Mata de Galeria do Pitoco, embora os limites superiores observados na Mata de Galeria do Pitoco estejam entre os limites inferiores observados na Mata de Galeria do Monjolo. O incêndio de 1994 que atingiu a Mata de Galeria do Pitoco, também ocorreu na Mata do Monjolo, resultando na formação de grandes clareiras ocasionadas pela queda de árvores que devido à severidade do incêndio, tiveram seus troncos totalmente carbonizados (Rossi, 2000). Partindo-se da informação da classificação florística realizada por Silva Júnior (1995) para a Mata do Monjolo, a “comunidade seca” apresentou índice de sobrevivência 64,8%, a “comunidade intermediária” de 52%, e a “comunidade úmida” uma sobrevivência de apenas 36% (Rossi, 2000).

A Mata de Galeria do Monjolo apresenta também, alguns trechos mais íngremes em relação à Mata de Galeria do Pitoco, com declividades que chegam a 35%, muito acima da declividade máxima de 14% (bloco “a”) amostrada na Mata de Galeria do Pitoco. A declividade maior da Mata de Galeria do Monjolo pode estar influenciando numa maior incidência luminosa, visto que uma estratificação vertical, em virtude da topografia mais acidentada, pode promover uma maior incidência luminosa no sub-bosque (Crawley, 1986 citado por Silva Júnior, 1997; Whitmore, 1990).

Na Mata de Galeria do Véu de Noiva, localizada em um vale, na Chapada dos Guimarães, Mato Grosso Pinto *et al.* (2005), também relacionaram a maior abertura do dossel,

ao aumento da distância vertical. Van den Berg e Santos (2003) relacionaram a maior declividade à maior incidência luminosa em um córrego tributário as margens do reservatório de Camargos, em Itutinga, Minas Gerais. Estes autores avaliaram para esta mesma mata, considerada preservada, um valor médio de abertura do dossel de 9,91%, mais próximo ao observado na Mata de Galeria do Pitoco.

Para Matas de Galeria do Canjerana, localizada no meio urbano no DF, Dietzsch (2006) observou valores entre 6% e 99%, com média de 33,8%. A Mata do Canjerana apresentou valores de abertura muito amplos, talvez em consequência do estado de perturbação da mata, onde uns trechos estão mais preservados e outros mais alterados, permitindo uma maior entrada de luz. Além disso, a Mata do Canjerana apresenta trechos inundáveis, onde ocorre naturalmente, menor biomassa aérea em razão das restrições metabólicas do ambiente anaeróbico (Lobo e Joly, 2001) o que se relaciona diretamente com a menor área de cobertura da copa e conseqüentemente, menor sombreamento. Essa maior variação resultou num maior valor médio de abertura do dossel para esta mata em comparação com a Mata de Galeria do Pitoco.

Segundo Uhl *et al.* (1988), citados por Whitmore (1996), estudando a distribuição espacial de mudas em clareiras na Floresta Amazônica, nenhum dos fatores tais como: microhabitats, clareiras de diferentes idades e tamanhos produziram efeitos mensuráveis na densidade, estabelecimento, ou mortalidade de indivíduos, embora a taxa de crescimento tenha aumentado com o aumento da clareira. Em experimento, Thompson *et al.*, (1988) citado por Whitmore (1996), estudou seis espécies pioneiras, intermediárias e fortemente tolerantes à sombra, plantadas em pequenas, médias e grandes clareiras em uma floresta tropical em Queensland, Austrália. Suas alturas e crescimentos não foram fortemente correlacionados ao tamanho da clareira, sendo que as espécies revezaram no ranking de maior crescimento durante os sete anos de observações. Neste estudo nenhuma das classes de exigência a luz estudadas, tampouco diferentes categorias de desenvolvimento foram significativamente correlacionados à intensidade de luz através da Correlação de *Sperman* (Tabela 4.1), mostrando que as correlações entre clareiras e densidades e/ou crescimento de espécies em função de suas exigências por luz, às vezes, são difíceis de estabelecer.

O maior número de indivíduos de mudas e arvoretas de espécies consideradas intolerantes em relação as tolerantes e o aumento da proporção entre as duas em favor das

espécies intolerantes, quando comparado o estágio adulto (Silva Júnior, 1995) com o estágio arvoretas (Souza, 2002), já havia sido considerado por Santiago *et al.* (2005) como uma consequência da abertura de clareiras em razão do incêndio ocorrido em 1994. Tal como proposto por Santiago *et al.* (2005), infere-se que após o distúrbio no dossel ocasionado pelo incêndio, o nível de luminosidade e temperatura foi mais favorável ao desenvolvimento de espécies intolerantes que apresentam pouco mais que o dobro do número de espécies que as tolerantes, dentre as espécies mais importantes (Tabela 3.1) (Swaine e Whitmore, 1988; Bazzaz, 1991). O número de indivíduos de espécies intolerantes foi também equivalente ao triplo de indivíduos de espécies tolerantes, quando avaliado o número de indivíduos em todas as classes de abertura do dossel.

Deve-se considerar que a densidade de indivíduos adultos de espécies intolerantes, já era maior que a densidade de espécies tolerantes em momento anterior ao incêndio, tal como pode ser constatado visualmente no número de indivíduos das espécies mais importantes (Figuras 4.4 a 4.9), embora as espécies intolerantes, não fossem as mais importantes na mata na categoria adulta, anteriormente ao incêndio (Silva Júnior, 1995). Também se observa que parte muitos indivíduos de espécies tolerantes ou intolerantes estão distribuídos em locais próximos ou coincidentes aos locais onde estão as arvoretas, que por sua vez já podem ter atingido a maturidade reprodutiva, provavelmente sendo seus respectivos indivíduos parentais (Janzen, 1970). Sevilha (1999) afirma baseado em estudo na mata de galeria do Canjerana, DF, que várias mudas de espécies de matas de galeria forma encontradas principalmente sob a árvore matriz. Por outro lado, indivíduos jovens (mudas e arvoretas) que não apresentam indivíduos parentais potenciais em locais próximos, como é o caso de *Alibertia macrophylla* (Figura 5), provavelmente foram trazidos de outros locais por agentes dispersores, tais como mamíferos ou aves, que representam 94% dos prováveis dispersores das espécies mais importantes analisadas (Santiago *et al.*, 2005). Deve-se considerar ainda que os propágulos de espécies intolerantes apresentam características tais como: bancos de sementes em maior quantidade, dormência e longa viabilidade quando comparadas as tolerantes (Whitmore, 1983; citado por Swaine e Whitmore, 1988; Eira e Neto, 1998), o que pode representar um maior número de indivíduos intolerantes potencialmente viáveis em relação aos tolerantes, nas fases iniciais de desenvolvimento.

Na categoria arvoretas, a diferença significativa entre as proporções do número de indivíduos tolerantes e intolerantes ($p < 0,01$; $\chi^2 = 27,40$) parece evidenciar uma possível transição de regime luminoso na mata. Segundo Richards (1999), há ligeiras diferenças na distribuição de espécies tolerantes e intolerantes em florestas tropicais em transição entre fase de clareiras e fase madura, tal como pode estar ocorrendo na Mata de Galeria do Pitoco.

Ainda que o esperado fosse uma diminuição da proporção entre as categorias nas menores classes de abertura do dossel, favorecendo as espécies tolerantes, deve-se considerar que o gradiente luminoso está no máximo em torno de 35% de abertura, o que pode representar em estágios mais avançados de desenvolvimento, como a categoria arvoretas, condições menos favoráveis a indivíduos intolerantes. Em experimentos que visam identificar o grau de exigência luminosa de espécies de matas de galeria, os diferentes níveis de luz em casas de vegetação simulam a luminosidade do ambiente florestal natural (Felfili *et al.* 2001). Estes ambientes também estariam relacionados às fases de amadurecimento da floresta e representando basicamente, as seguintes situações: 1) pleno sol, simulando uma condição de área degradada; 2) condição de clareira, com aproximadamente 50% de sombreamento; 3) dossel da mata, em fase de fechamento, com sombreamento médio de 70%; 4) dossel fechado, com 90% de sombreamento (Felfili *et al.*, 1999). As aberturas no dossel na mata de galeria do Pitoco estão mais semelhantes às matas não perturbadas, sugerindo que a mata pode estar passando por uma transição entre a fase de “construção” e a fase de “maturação” (Richards, 1999), o que pode estar representando uma condição mais favorável neste momento às espécies tolerantes, do que em momento anterior.

Estudos com produção de biomassa de 13 espécies florestais que ocorrem em Matas de Galeria do Brasil Central, em gradientes de sombreamento que varia de pleno sol a um sombreamento de 90%, mostrou que 7 espécies desenvolveram-se melhor em condições intermediárias de luz e a pleno sol (de 50%, 60% de sombreamento até pleno sol), duas apresentaram melhor desenvolvimento sob pleno sol, enquanto quatro se desenvolveram melhor em condições entre 50% a 70% de sombreamento (Felfili *et al.*, 2001), que respectivamente podem ser consideradas espécies intolerantes, pioneiras e tolerantes à sombra. Estabelecendo-se um paralelo com a Mata de Galeria do Pitoco, espécies descritas nesta última condição de sombreamento podem se beneficiar do regime de luz, que na fase de

“maturação”, tende naturalmente, a ficar ainda mais sombreado, devendo-se considerar ainda, o sombreamento ocasionado pelas arvoretas sobre as mudas (Santiago *et al.*, 2005).

Uma outra explicação para diminuição da razão entre arvoretas tolerantes e intolerantes na mata do Pitoco seria o fato de que o crescimento lento e a sobrevivência elevada permitem que as espécies tolerantes persistam no sub-bosque até que uma abertura no dossel de floresta seja formada (Poorter e Arets, 2003). Em contraste, as espécies intolerantes apresentam mais indivíduos, pois as taxas de crescimento inerentemente elevadas e uma resposta mais forte do crescimento à luz, permitem que estas espécies sejam beneficiadas pela abertura de clareiras, alcançando rapidamente uma posição no dossel antes que a abertura esteja fechada, embora estas espécies apresentem maiores taxas de mortalidade. Espécies de fases sucessionais tardias poderiam ser mais capazes de persistir sob o dossel em uma condição de baixo crescimento associado com a tolerância ao sombreamento (Poorter, 1999), que parece estar relacionada mais com a habilidade de sobreviver por períodos prolongados de maior sombreamento, do que com a capacidade de maximizar o crescimento (Grime, 1977, citado por Souza e Válio, 2003). A persistência sob um dossel denso poderia contribuir ao acúmulo de um banco de mudas, que se beneficiariam dos aumentos na irradiância após a formação de uma clareira (Souza e Válio, 2003). Apesar do número de mudas de espécies tolerantes ainda continuar proporcionalmente menor que o de mudas de espécies intolerantes na mata de galeria do Pitoco, as mudanças nas proporções entre os grupos ecológicos na categoria arvoretas podem estar relacionadas a esta maior persistência das espécies tolerantes.

Para a Mata de Galeria do Pitoco, observa-se também que os poucos locais com maiores aberturas no dossel (Figura 4.1), estão localizados em parcelas em que ocorre a “comunidade úmida” (Souza, 2002), tanto para a classificação florística realizada para mudas quanto para arvoretas (Figuras 3.5 e 3.6 - Capítulo 03). A “comunidade úmida” engloba em sua maioria, parcelas que estão próximas ao curso d’água, ou seja, neste local, a maior ocorrência de espécies tolerantes pode ter influenciado na densidade equivalente entre as tolerantes e intolerantes, constatada nas classes de maior abertura do dossel, para mudas e arvoretas. Ocorre ainda que em uma área relativamente pequena, podem não haver indivíduos suficientes para atestar uma diferença significativa entre as espécies tolerantes ou intolerantes, tal como ocorreu nas maiores classes de abertura do dossel.

Em geral, as comunidades florísticas próximas à borda das matas, tendem a ser formadas por espécies demandantes de luz, enquanto as comunidades mais próximas à margem do curso d'água e intermediária apresentavam espécies tolerantes e intolerantes à sombra (Ratter, 1980 citado por Silva Júnior 1995; Ratter, 1992; Furley e Ratter, 1998). Oliveira-Filho *et al.* (1994c) também observaram em uma mata semidecídua às margens do reservatório Camargos, na região sudeste do Brasil, a ocorrência de uma maior quantidade de espécies tolerantes à sombra em locais próximos ao curso d'água, e espécies demandantes de luz nas partes mais altas do relevo, indicando inclusive, o avanço da floresta a partir do fundo do vale em direção aos sítios mais altos, demonstrando que a posição no declive, também tem influência na presença de indivíduos, conforme o grau de exigência à luz. No entanto, ao observarmos na Mata do Pitoco, a distribuição dos indivíduos nos diferentes estágios de desenvolvimento (Figuras 4.4 a 4.9) espécies intolerantes não se restringiram à sítios próximos da borda, tampouco a de indivíduos tolerantes se restringiu a locais mais internos da mata. Neste caso, a distribuição das espécies pode estar mais condicionada a fatores tais como a dispersão ou aos diferentes níveis de nutrientes do solo, tal como observado por Silva Júnior *et al.* (1996).

Hoffmam (2000), estudando as sobrevivências de duas espécies em diferentes aberturas do dossel (*Pera glabrata* e *Ocotea pomaderroides*) em uma Mata de Galeria na Reserva do IBGE, DF, comparativamente às espécies de Cerrado sentido restrito, encontrou em parcelas não perturbadas um efeito positivo na sobrevivência em maiores coberturas do dossel. Este resultado pode explicar o maior número de indivíduos nas classes de menor abertura do dossel na mata de galeria do Pitoco. Nos anos subseqüentes a maior densidade da cobertura do dossel teve um efeito negativo na altura, sendo que as alturas foram maiores sob coberturas de dossel intermediárias. As espécies de mata também apresentaram menor sobrevivência nos sítios mais abertos, em comparação com os sítios com cobertura do dossel (Hoffmam, 2000) o que também poderia explicar em parte, o baixo número de indivíduos nas maiores classes de abertura.

As espécies no estágio regenerativo mudas ainda passarão por processos de competição e adaptação ao tipo de ambiente, vindo a ocupar somente alguns sítios específicos em fases posteriores de desenvolvimento (Oliveira e Felfili, 2005). Como exemplo da mudança de comportamento entre estágios de desenvolvimento, Felfili e Abreu (1999),

estudando espécies na Matas de Galeria do Gama, DF observaram que a espécie *Persea fusca*, embora se desenvolvendo bem em condições de dossel fechado, ocorreu também em situações de borda de mata e borda de rio, indicando se desenvolver em condições amplas de luz na fase inicial de desenvolvimento (muda), porém não ocorrendo em sítios luminosos em fase de estabelecimento (arvoreta). Desta forma, infere-se que para a mata de galeria do Pitoco, a informação do número de indivíduos nos diferentes grupos ecológicos pode ser melhor interpretada na categoria arvoretas, que pode já estar retratando a mudança do regime luminoso na mata.

Existe ainda uma série de fatores que não estão relacionados à abertura do dossel, e influenciam na sobrevivência, principalmente na categoria mudas. Há evidências de a falta d'água e a presença de patógenos e herbívoros desempenham maiores papéis na dinâmica do banco de mudas (Janzen, 1970; Bazzaz, 1991), e cada um destes fatores pode, em algumas circunstâncias, levar à destruição de populações inteiras de mudas (Bazzaz, 1991), o que refletiria no desequilíbrio entre as proporções de mudas e arvoretas, independente da característica de exigência à luz. O incremento no recrutamento, que também poderia ser fator de desequilíbrio da proporção entre os estágios, pode apenas estar relacionado à maior produção de frutos e conseqüentemente de sementes (Schiavini *et al.*, 2001; Resende *et al.*, 2003) como as anotadas para espécies como *Copaifera langsdorffii*, diretamente ligadas a ciclos de reprodução multianuais (De Steven, 1994, citado por Resende *et al.*, 2003) ou ainda, difentes taxas de crescimento entre as espécies.

Deve-se considerar ainda que a quantidade de variáveis que pode estar agindo de forma preponderante sobre a luz é considerável, principalmente no estágio arvoretas, fazendo-se necessária uma análise mais completa, tal como a Análise de Correspondência Canônica (CCA), a ser realizada no Capítulo 6, que pretende investigar se a luz é preponderante na distribuição de espécies ao longo da mata, em relação a outros fatores ambientais.

4.5. CONCLUSÕES

O maior número de espécies intolerantes em comparação com as tolerantes, registrado na categoria arvoretas, evidencia o estágio de “construção” em que a mata de galeria do Pitoco se encontrava, em função do distúrbio originado pelo incêndio que ocorreu em 1994. Entretanto, as condições de luminosidade observadas em razão das aberturas do dossel ($12,87\% \pm 5,25\%$), estão próximas dos valores geralmente observados em Matas de Galeria não perturbadas, o que pode estar retratando para a Mata de Galeria do Pitoco a transição do estágio “construção” para o estágio “maturação”.

O número de mudas de espécies tolerantes à sombra ainda continua proporcionalmente menor que o de mudas de espécies intolerantes na Mata de Galeria do Pitoco, possivelmente devido a maior presença de arvoretas e adultos parentais de espécies intolerantes. Entretanto, a diminuição das diferenças entre os grupos ecológicos na categoria arvoretas, podem estar relacionadas a uma maior persistência das espécies tolerantes ao ambiente similar ao de matas em processo de fechamento do dossel (em torno de 70% de sombreamento). Contudo, tal fato não ficou claro, em razão da dificuldade de estabelecimento de uma correlação entre intensidade de abertura do dossel e grupos ecológicos.

A diferença na proporção entre as espécies tolerantes e intolerantes pode estar relacionada ainda, a outros fatores independentes do regime de luz incidente no interior da Mata de Galeria, tal como: diferenças na adaptação inicial em resposta às diferentes condições ambientais; diferentes taxas de crescimento entre as espécies; às injúrias bióticas ou abióticas, ou ainda; a maiores ou menores recrutamentos, sendo necessários, estudos complementares que avaliem estas características.

A proximidade da borda é outro fator que poderia estar diretamente relacionado com a disponibilidade de luz (não constatada através do densiômetro esférico), portanto, influenciaria na maior presença de espécies demandantes de luz nestes locais, principalmente nos estágios de desenvolvimento mais avançados. No entanto, nestes locais, não foram encontradas diferenças marcantes no número de indivíduos entre espécies tolerantes e intolerantes à sombra.

CAPÍTULO 5. RELAÇÕES ENTRE COMUNIDADES DA REGENERAÇÃO NATURAL, VARIÁVEIS DO SOLO E GRADIENTE TOPOGRÁFICO.

5.1. INTRODUÇÃO

Estudos realizados a partir dos anos 90 (Schiavini, 1992, Oliveira-Filho, 1994a,b; Silva Júnior, 1995; van den Berg 1995; Pinto, 1997; Felfili, 1998) afirmam que fatores ambientais tais como gradientes topográficos, de umidade e de fertilidade dos solos estariam influenciando a distribuição de espécies lenhosas em Matas de Galeria. A distribuição espacial da vegetação tem indicado associações com determinados fatores ambientais, em detrimento de outros, e estariam formando comunidades de espécies lenhosas em Matas de Galeria, com diferente estrutura e composição florística.

A variação florística observada entre comunidades de plantas dentro de uma mesma Mata de Galeria tem sido fortemente correlacionada às condições de drenagem influenciadas por variações topográficas e ocorrência de diferentes sítios na mata (Dalanesi *et al.*, 2004; Carvalho *et al.*, 2005; Oliveira e Felfili, 2005). A saturação hídrica, influenciada pelo gradiente topográfico por sua vez, têm sido associada às diferenças físico-químicas do solo, formando habitats específicos ocupados pelas diferentes comunidades de plantas (Silva Júnior *et al.*, 1996; Parron, 2004). A distribuição de espécies, também estaria relacionada às diferentes classes de solo (Pinto, 1997; Oliveira-Filho *et al.*, 1997; Dalanesi *et al.*, 2004; Pinto *et al.*, 2005) que embora apresentem similaridades com classes de solos do cerrado *sensu stricto*, em geral pobres e ácidos (Felfili *et al.*, 2001), apresentam níveis de fertilidade maiores em razão de depósitos coluviais e grande quantidade de serrapilheira (Haridasan, 1998), que conjuntamente com a maior disponibilidade hídrica, são os possíveis responsáveis pelo ambiente florestal (Reatto *et al.*, 1998; 2001).

Procurando estabelecer associações entre fatores ambientais e a distribuição da vegetação arbórea, Silva Júnior (1995), estudou três Matas de Galeria localizadas no DF, dentre elas a Mata de Galeria do Pitoco, mesma comunidade do presente estudo. O autor concluiu que ao longo do gradiente topográfico de todas elas, os teores de nutrientes como Ca,

Mg e o pH foram maiores em sítios próximos ao cerrado, enquanto níveis de MO, Al e P foram maiores em sítios próximos ao curso d'água. O autor concluiu que a distribuição das espécies foi fortemente correlacionada com as diferenças nos níveis de nutrientes, que por sua vez estavam relacionados ao gradiente topográfico local. O mesmo autor investigando a florísticas das três matas identificou maiores similaridades de trechos de porções topográficas semelhantes entre as matas, do que entre os diferentes trechos em uma mesma mata (Silva Júnior, 2001). Outros autores também verificaram resultados semelhantes onde ocorreram correlações entre o gradiente topográfico, o grau de umidade e fertilidade do solo e distribuição espacial de espécies arbóreas (Moreno e Schiavini, 2001; Espírito-Santo *et al.*, 2002; Souza *et al.*, 2003; van den Berg e Santos, 2003).

Existem diversos estudos que investigaram as relações entre fatores ambientais e distribuição de espécies arbóreas adultas em Matas de Galeria do Brasil Central (Schiavini, 1992; Felfili, 1995b, Silva Júnior, 1995; Ramos, 1995; Walter, 1995; Silva Júnior *et al.*, 1996; Haridassan *et al.*, 1997; Pinto, 1997; Felfili, 1998). No entanto, para a regeneração natural (mudas e arvoretas), poucos estudos foram conduzidos até o momento, no sentido de correlacionar a distribuição de indivíduos às diferenças físico-químicas dos solos ao longo do gradiente topográfico (Felfili, 1995b; Beltrão, 2003). Felfili (1995b) identificou para a regeneração natural, correlações com determinados sítios de mata, tais como beira de córrego, clareiras, borda com outras fitofisionomias, sendo que a umidade e gradientes de perturbação foram determinantes da distribuição espacial em detrimento dos nutrientes do solo. Beltrão (2003), estudando uma Mata de Galeria com entorno urbano no Distrito Federal, correlacionou mais fortemente, a distribuição espacial da regeneração natural com o gradiente textural do solo.

As bases para o presente estudo, em se tratando da categoria de regeneração natural foram iniciadas por Souza (2002), que analisando a florística e a fitossociologia da Mata de Galeria do Pitoco, utilizou técnicas de ordenação dicotômica (TWINSPAN – Hill, 1979), procurando estabelecer associações entre as abundâncias relativas de mudas (< 1,0 metro de altura) e arvoretas (> 1,0 metro de altura e diâmetro a 1,30 cm do solo - DAP < 5,0 cm), no sentido de identificar diferentes comunidades de plantas ao longo do gradiente topográfico, tal como realizado por Silva Júnior (1995; 1998), na mesma mata, para indivíduos adultos. Tanto para mudas quanto para as arvoretas, as análises resultaram em duas

comunidades, denominadas de “comunidade úmida”, aquela localizada próxima ao curso d’água e “comunidade seca”, ocupando posições intermediárias e acima no declive ao longo da mata, fazendo divisa com a vegetação adjacente de cerrado.

Este capítulo tem como objetivo verificar a hipótese de que a distinção entre duas comunidades, sejam elas a “úmida” e a “seca” realizada por Souza (2002) está relacionada às variações físico-químicas no solo e ao gradiente de umidade, condicionadas pelo gradiente topográfico da Mata de Galeria do Pitoco.

5.2. MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 – Descrição geral da área de estudo - ver Capítulo 3, item 3.1.

5.2.2 - Amostragem e caracterização do local do estudo - ver Capítulo 3, item 3.3.1.

5.2.3 – Utilização dos dados de Santiago *et al.* (2005) e Souza (2002) (Classificação florística e fitossociologia) - ver Capítulo 3, item 3.3.2.

5.2.4. Gradiente topográfico

Parte do perfil topográfico do terreno foi amostrado por Silva Júnior (1995), apresentando desníveis de 9,4 m numa largura de mata de cerca de 80 metros (Bloco a) e 13,3 m de desnível em 140 metros de (Bloco b), medidos desde a transição com o cerrado, até o córrego do Pitoco, nas linhas centrais dos blocos amostrais a e b, perpendiculares às curvas de nível do terreno, até as margens do córrego do Pitoco.

No entanto, como estão sendo analisadas as variáveis físico-químicas e dados de luminosidade para cada uma das 100 sub-parcelas, optou-se por mensurar e remensurar as cotas altimétricas de todas as 100 parcelas analisadas. Estes dados entrarão como a variável denominada “Cota” na Análise de Correspondência Canônica (ver item 6.2.5), no sentido de estabelecer correlações entre a topografia local e a distinção de diferentes comunidades de plantas anotadas por Souza (2002), tal como adotado por alguns autores (Oliveira-Filho, 1994; Silva Júnior, 1996; van den Berg, 2003). As cotas altimétricas foram mensuradas a partir do uso do altímetro de precisão (1 m) da marca Oregon, modelo “EB 833”, bem como através do auxílio de aparelho GPS marca Garmim, modelo 12, e uso de curvas hipsométricas

georreferenciadas, de 2 em 2 metros, disponibilizadas no estudo do Zoneamento Ambiental da Bacia do Córrego Taquara - DF (IBGE, 2005). As curvas de nível foram novamente interpoladas através do método TIN (*Triangulated Irregular Networks*) gerando-se curvas de nível de 1 em 1 metro, utilizando-se o software ArcWiew , versão 3.2.

As parcelas amostradas foram espacializadas num modelo digital do terreno, gerando um arquivo digital de formato “*.grid”, a partir do uso do programa Surfer, versão 8.0, de modo a melhorar o entendimento da topografia do terreno, conforme utilizado por Espírito-Santo *et al.* (2004) e Pinto *et al.* (2005) (ver Figura 5.1). As coordenadas x e y explicam, as distâncias ortogonais, longitudinais e transversais entre si, e em relação ao córrego do Pitoco. A variável Z, é o valor da cota altimétrica adquirida no centro de cada uma das 100 parcelas amostradas.

5.2.5. Amostragem do solo

Foram coletadas 100 amostras superficiais de solos no vértice superior das subparcelas (5 m × 5 m – Figura 3.4), que foram alocadas por Santiago *et al.* (2005). As amostras foram retiradas a uma profundidade de 0-10 cm, em conformidade com o adotado por Silva Júnior (1998).

As amostras de solo foram submetidas às análises químicas e físicas de rotina (EMBRAPA, 1979) em março de 2003, nos Laboratórios de Química e Física dos Solos do EMBRAPA-CPAC, para determinação de pH (H₂O), Al, Ca, Mg, N, P, K, S, Mn, Cu, Zn, Fe e matéria orgânica (% de MO) e das percentagens de areia (fina e grossa), silte e argila, também em conformidade com o utilizado por Silva Júnior (1998). Conforme protocolo da EMBRAPA (1979), o pH do solo foi medido com um pHgâmetro numa solução 1:2,5 de solo-água. O P, K, Fe, Mn, Zn e Cu foram extraídos com a solução de Melish (0,025 N H₂SO₄ + 0,05 N HCL) e medidos com o espectrofotômetro uv-visível e fotômetro de chama, respectivamente. Os elementos Ca, Mg e Al foram extraídos com uma solução de 1N de KCl. O Al foi determinado por titulação ácido-base com NaOH (0,01 N) e os elementos Ca e Mg, em espectrofotômetro de absorção atômica. A matéria orgânica determinada pelo método Walkey-Black adaptado, com digestão das amostras (H₂SO₄, 96%) e posterior titulação de oxi-redução. O N foi obtido através de digestão e destilação de micro kjeldahl. A textura foi determinada por peneiração (areia grossa e fina) e pela técnica da pipeta (argila + silte).

A partir dos resultados das análises físico-químicas dos solos, foram calculadas a capacidade de troca catiônica (CTC efetiva), a soma de bases (SB) e o percentual de saturação de Alumínio (m), da seguinte forma (CFSEMG, 1999):

$$\text{CTC efetiva} = [\text{Ca}] + [\text{Mg}] + [\text{K}] + [\text{Al}]$$

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

$$m = (100 \times [\text{Al}]) / \text{CTC efetiva}$$

No cálculo da CTC os níveis de Na foram omitidos porque são desprezíveis para os tipos de solo encontrados na Mata de Galeria do Pitoco, conforme sugerido por Oliveira-Filho (1994a). Os níveis de K foram convertidos de mg/l para meq/100cc (= cmolc/dm³), para o cálculo da CTC.

5.2.6. Análise direta de gradientes

Análises de gradientes consistem em avaliar as mudanças nas características da vegetação como possíveis respostas às variações ambientais de um ou mais gradientes. Estas análises partem da premissa de que as características fisionômicas, florísticas e estruturais da comunidade estão fortemente associadas às propriedades inerentes ao ambiente. Na análise direta, os fatores ambientais preponderantes são eleitos antes da mensuração da vegetação (a priori) e só então são feitas as associações das características da comunidade com os fatores eleitos (a posteriori) (Kent e Coker, 1992)..

5.2.6.1. Diferenças nas características dos solos

Comparou-se as propriedades físico-químicas dos solos entre a “comunidade úmida” e “comunidade seca” (*sensu* Souza, 2002), através do teste de comparação entre médias Kruskal-Wallis (“Teste H”) (Ayres *et al.*, 2005), utilizando-se o programa BioEstat, versão 4.0 (Ayres *et al.*, 2005).

Foram consideradas as diferenças entre médias das variáveis de solo entre as médias da “comunidade úmida” e “comunidade seca” geradas pela classificação TWINSpan para categoria mudas (*sensu* Souza, 2002 - Figura 3.5) e, posteriormente, entre os dois conjuntos de médias referentes às “comunidade úmida” e “comunidade seca” geradas pela classificação TWINSpan para categoria arvoretas (*sensu* Souza, 2002 - Figura 3.6), e de

acordo com o estudo conduzido por Silva Júnior (1995) e Silva Júnior *et al.* (1996) para árvores adultas. No cômputo final as médias foram calculadas para categoria mudas, com base em 52 amostras de solos para a “comunidade úmida” e 48 para a “comunidade seca” e 57 para a “comunidade úmida” e 43 para a “comunidade seca” para categoria arvoretas.

5.2.6.2. Gradientes das variáveis do solo

Para melhor visualização das variações dos dados físico-químicos do solo, será utilizado o método de interpolação IDW – Inverso Ponderado da Distância, utilizando o software ArcView versão 3.2, (Esri, 1999), conforme utilizado por Vettorato (2003). A interpolação pelo IDW foi elaborada através do módulo “*Interpolate grid - IDW*”, atribuindo à variável Z, o valor da concentração da variável em cada parcela amostrada.

A interpolação é uma aplicação do estudo da variabilidade e dependência espacial, que vem sendo utilizado para o mapeamento de características específicas dos solos, como: processos erosivos (Cremers *et al.*, 1996, citados por Vettorato, 2003), propriedades físicas (Horn *et al.*, 1994 e Ribeiro Jr., 1995 citados por Vettorato, 2003) e propriedades químicas dos solos (Cahn *et al.*, 1994, Cora, 1997; Oliveira *et al.*, 1999, citados por Vettorato, 2003). Outros estudos já utilizaram a confecção de mapas de gradientes por meio de interpolação de concentrações de variáveis do solo analisadas em gradientes florestais (Moreno e Schiavini, 2001), ou utilização de outros métodos de interpolação para espacialização das densidades de indivíduos arbóreos (Cardoso e Schiavini, 2002), demonstrando a versatilidade dessa ferramenta para visualização de gradientes.

Os intervalos de classe dos valores das variáveis usadas na interpolação foram

definidos através da seguinte fórmula (Spiegel, 1976): $IC = \frac{A}{nc}$, onde A = amplitude (valor máximo – valor mínimo da variável); nc = número de classes. A amplitude corresponde à diferença entre os valores máximo e mínimo de cada variável do solo. O número de classes é dado pela fórmula (Spiegel, 1976): $nc = 1 + 3.3 \cdot \log(n)$, onde n = número de observações (amostras).

A interpolação dos valores teve apenas a intenção de melhor visualização dos dados, bem como para facilitar a visualização das diferenças estatísticas entre médias da

“comunidade seca” e “comunidade úmida”, estabelecidas por Souza (2002). As correlações esperadas entre as comunidades e as propriedades físico-químicas do solo, bem como entre a distribuição espacial da regeneração natural e as variáveis ambientais foram analisadas e discutidas a partir dos resultados da análise PCA e CCA, respectivamente.

5.2.6.3. Análise de componentes principais

Dentre as técnicas de ordenação utilizadas em estudos ecológicos que visam investigar as interações entre fatores ambientais e a distribuição espacial da vegetação na área, a Análise de Componentes Principais (PCA) tem sido a mais amplamente usada e é indicada como uma das mais simples e eficientes na sumarização de quantidades de dados (Kent e Coker, 1992). Essa técnica reduz variáveis altamente correlacionadas a poucos componentes (componentes principais da variação), que contém mais informações que uma única variável (Jackson, 1993).

Procurando estabelecer correlações entre as características do solombientais responsáveis pela diferenciação das comunidades florísticas previamente identificadas na área (Souza, 2002 – “comunidade seca” e “comunidade úmida”) foi realizada a análise de componentes principais (PCA) para as 17 variáveis físico-químicas dos solos e a variável “Cota”, que representa a cota topográfica (ver item 5.2.4. Gradiente topográfico). Para tanto, foi utilizado o software Canoco, versão 4.02 (ter Braak, 1999). As variáveis derivadas, tais como soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e percentual de saturação de Alumínio (m), não foram utilizadas na análise por serem linearmente dependentes dos níveis de cátions disponíveis no solo (Silva Júnior, 1988).

A ordenação realizada pela PCA pode gerar dois diagramas de ordenação (Kent e Coker, 1992). O primeiro representa as correlações entre as variáveis do solo e cota altimétrica com as sub-parcelas amostradas (análise normal), e o segundo diagrama, entre as sub-parcelas amostradas e as variáveis do solo e cota altimétrica (análise inversa) (Kent e Coker, 1992). Os diagramas mostram as correlações das variáveis do solo e cota altimétrica com eixos de ordenação, bem como das sub-parcelas com os eixos de ordenação X (eixo I) e Y (eixo II). Cada variável (variável do solo e cota altimétrica) se relaciona aos eixos de ordenação, apresentando um valor autovetor (*eigenvector*) que representa o seu respectivo peso para composição das variações representadas ao longo dos eixos de ordenação. Estes

eixos por sua vez apresentam autovalores (*'eigenvalues'*), que representam a contribuição relativa de cada componente para o total da variação dos dados (Silva Júnior, 1998; Kent e Coker, 1992). Os eixos são calculados em ordem decrescente de importância em termo de suas contribuições para o total da variação dos dados, ou seja, o primeiro eixo (I), ou eixo "X" apresenta a maior parte da variação, enquanto que o segundo eixo (II) ou eixo "Y", freqüentemente, quase todo o restante da variação dos dados (Silva Júnior, 1995).

No presente estudo as subparcelas serão rotuladas pela classificação TWINSpan (Hill, 1979) realizada por Souza (2002) sendo respectivamente; "comunidade seca" e "comunidade úmida". Essa é uma forma de facilitar a interpretação da relação entre a vegetação (classificação florística) e as propriedades edáficas e gradiente topográfico. O segundo diagrama que apresenta as variações das parcelas em função das variáveis do solo e variável "cota" foi produzido tanto para mudas, quanto para arvoretas, com os respectiva identificação de "comunidade seca" e "comunidade úmida".

Antes de serem efetuados os cálculos da PCA, os dados das 100 amostras de solos foram transformados para que obtivessem distribuição normal e padronizados, evitando que a análise seja baseada em dados com alta variância (Kent e Coker, 1992; Silva Júnior *et al.*, 1996). As variáveis expressas por proporções foram transformadas pela expressão $\sqrt{\arcsen(x) * K}$ (onde x = valor a ser transformado e K = 10³), também utilizado por Pinto *et al.*, 2005, enquanto as demais foram transformadas pela expressão log₁₀ (a + 1) (ter Braak, 1995).

A padronização consiste em estabelecer a média de cada variável com valor igual a zero e variância ± 1 (Kent e Coker, 1992). Para padronização dos dados utilizou-se a

seguinte fórmula (Kent e Coker, 1992):
$$SSi = \frac{(Si - \bar{S})}{\sigma S}$$
, onde: SSi = a padronização do valor da variável S na parcela i; Si = valor original da variável S na parcela i; \bar{S} = média do valor da variável S, de todas as parcelas; σS = Desvio padrão da variável S de todas as parcelas. A logaritimização e a padronização foram executadas através do programa PCOrdwin, versão 3.1 (McCune e Mefford, 1999).

Numa primeira análise a matriz de dados ambientais utilizado na PCA foi composta de 17 variáveis do solo e uma topográfica, sejam elas: pH, Al, Ca, Mg, N, P, K, S, Mn, Cu, Zn, Fe MO Areia (fina e grossa), Silte, Argila, bem como o valor das cotas altimétricas das parcelas. Os resultados dessa primeira PCA foram posteriormente analisados, e a partir de então foram excluídas as variáveis que apresentavam baixa correlação com os eixos de ordenação ($< 0,3$), restando 8 variáveis, que são as seguintes: pH, Al, Ca, Mg, N, P, Mn, e Areia fina.

A PCA produziu como resultado final um diagrama de ordenação baseado na semelhança das unidades amostrais em termos de variáveis ambientais, reduzindo-as a componentes principais nos eixos de ordenação. Neste diagrama de ordenação ('biplot'), as parcelas foram representadas por "pontos ótimos aproximados" e as variáveis ambientais foram representadas por flechas indicando a intensidade e direção de aumento (Pinto *et al.*, 2005)

5.3. RESULTADOS

5.3.1. Variáveis e gradientes do solo

De acordo com a CFSEMG (1999), as médias das características físico-químicas do solo avaliadas na Mata de Galeria do Pitoco (Tabela 5.1) podem ser caracterizadas como: pH – acidez média; Al – bom; Ca + Mg – baixo; P – muito baixo; K – bom; Mn – alto; Fe – Alto; % de MO – muito bom; SB – média; CTC efetiva – média; "m" – média. A textura do solo variou de argilosa a muito argilosa em sua maioria para as parcelas como um todo. Comparando-se as características físico-químicas do solo da Mata de Galeria do Pitoco e do solo de quatro Matas de Galeria do DF, sejam elas: Taquara (Silva Júnior, 1995), Monjolo (Silva Júnior, 1995), Mato Seco (Beltrão, 2003) e Canjerana (Dietzsch, 2006), a Mata de Galeria do Pitoco apresenta um nível intermediário de acidez (pH, Al), a segunda maior saturação de Al (m), a menor concentração de P, a segunda maior de K e Mn, a segunda menor de Fe, valor intermediário de MO, menor valor de N que a Mata de Galeria do córrego do "Mato Seco" (único valor disponível), segunda textura mais argilosa, segunda menor SB e menor CTC efetiva (ver tabela 5.1).

Tabela 5.1 – Valores médios das propriedades físico-químicas do solo para algumas Matas de Galeria estudadas no DF.

Variáveis do solo	Matas de Galeria do DF				
	sem entorno urbano			com entorno urbano	
	Pitoco (0-10 cm) (este trabalho)	Taquara (0-10 cm) (Silva Júnior, 1995)	Monjolo (0-10 cm) (Silva Júnior, 1995)	Mato Seco (0-10 cm) (Beltrão, 2003)	Canjerana (0-30 cm) (Dietzsch, 2006)
<i>pH</i> (H ₂ O)	5,08	5,3	4,5	4,84	5,20
<i>Al</i> (meq/100cc)	1,36	1,15	2,27	0,57	0,90
<i>Ca +Mg</i> (meq/100cc)	1,65*	5,92*	1,40*	5,31	2,30*
<i>P</i> (mg/l)	2,39	4,04	4,89	4,22	4,08
<i>K</i> (meq/100cc)	0,21	0,27	0,19	0,19	0,17
<i>Mn</i> (mg/l)	36,45	47,99	23,01	21,20	---
<i>Fe</i> (mg/l)*	78,32	49,52	86,74	394,20	---
<i>MO</i> (%)	7,22	13,35	12,75	9,54	4,92
<i>N</i> (%)	0,46	---	---	0,64	---
<i>Argila</i> (%)	57,21	50,76	59,31	---	32,80
<i>Silte</i> (%)	17,11	16,81	16,15	---	26,30
<i>AreiaGrossa</i> (%)	6,23	14,31	8,31	---	---
<i>Areiafina</i> (%)	19,45	19,00	16,24	---	---
<i>SB</i> (meq/100cc)	1,86	6,19	1,60	5,50	2,47
<i>CTC efetiva</i> (me/100cc)	3,22	7,34*	3,86*	6,07*	3,37*
<i>m</i> (%)	42,23	15,66*	58,80*	20,28*	26,70*

Obs: mg/ dm³ = mg/l; meq/100cc = cmolc/dm³. * valores calculados a partir de valores de variáveis fornecidos pelos autores. As médias da Mata de Galeria do Pitoco foram relativas as 100 amostras, independente da classificação de comunidades florísticas.

Analisando-se a diferença das variáveis do solo entre as duas comunidades florísticas, na categoria mudas, os maiores valores médios registrados para a “comunidade seca” foram: pH (H = 18,35; *p* < 0,01), Ca (H = 15,1; *p* < 0,01), Mg (H = 14,23; *p* < 0,01), Mn (H = 14,84; *p* < 0,01), SB (H = 15,96; *p* < 0,01) e Areia Grossa (H = 4,7; *p* < 0,05). Para a “comunidade úmida”, Al (H = 15,73; *p* < 0,01), Areia fina (H = 69,8; *p* < 0,01) m (H = 16,76; *p* < 0,01) e Fe (H = 5,13; *p* < 0,05). Das vinte variáveis do solo, dez não apresentaram diferenças significativas entre as médias para as “comunidade úmida” e “comunidade seca” (Tabela 5.2).

Para a categoria arvoretas, valores médios significativamente maiores foram registrados para a “comunidade seca” para as variáveis: pH (H = 46,9; *p* < 0,01), Ca (H = 47,2; *p* < 0,01), Mg (H = 42,2; *p* < 0,01), K (H = 12,15; *p* < 0,01), Cu (H = 7,89; *p* < 0,01), Mn(H = 53,9; *p* < 0,01), SB (H = 47,4; *p* < 0,01), enquanto Al (H = 41,9; *p* < 0,01), P (H = 14,2; *p* < 0,01), Fe (H = 13,74; *p* < 0,01), N (H = 9,31; *p* < 0,01), m (H = 48,9; *p* < 0,01) foram significativamente maiores na “comunidade úmida”, assim como os teores de M.O (H = 5,52; *p* < 0,05) e Areia fina (H = 4,9; *p* < 0,05). Seis das vinte variáveis do solo, não apresentaram médias significativamente diferentes entre a “comunidade úmida” e “comunidade seca” (Tabela 5.2).

Tabela 5.2 – Média, desvio-padrão e coeficiente de variação das propriedades físico-químicas e texturais das amostras de solo coletadas na Mata de Galeria do Pitoco (0-10 cm), para a “comunidade úmida” e “comunidade seca”, de acordo com as categorias de mudas (altura < 1,0 m) e arvoretas (altura > 1,0 m e DAP < 5,0 cm) (*sensu* Souza, 2002).

Variáveis	mudas						arvoretas					
	“C. seca” (N = 48)		“C. úmida” (N = 52)		<i>p</i> < 0,01	<i>p</i> < 0,05	“C. seca” (N = 57)		“C. úmida” (N = 43)		<i>p</i> < 0,01	<i>p</i> < 0,05
	Média	CV	Média	CV			Média	CV	Média	CV		
pH(H ₂ O)	5,23 ± 0,30	6%	4,93 ± 0,33	7%	*	*	5,28 ± 0,23	4%	4,80 ± 0,28	6%	*	*
Al(me/100cc)**	1,05 ± 0,80	76%	1,67 ± 0,83	50%	*	*	0,92 ± 0,65	71%	1,98 ± 0,76	38%	*	*
Mg(me/100cc)	0,79 ± 0,76	96%	0,38 ± 0,54	140%	*	*	0,87 ± 0,74	86%	0,19 ± 0,28	146%	*	*
Ca(me/100cc)	1,47 ± 1,95	132%	0,65 ± 1,15	176%	*	*	1,54 ± 1,84	119%	0,39 ± 0,98	249%	*	*
S(mg/kg)	32,90 ± 4,04	12%	34,26 ± 5,43	16%	ns	ns	33,16 ± 4,36	13%	34,20 ± 5,40	16%	ns	ns
P(mg/l)	2,20 ± 1,71	78%	2,58 ± 1,81	70%	ns	ns	1,91 ± 1,54	81%	3,04 ± 1,85	61%	*	*
K(mg/l)	87,88 ± 18,05	21%	81,00 ± 23,52	29%	ns	ns	90,60 ± 21,25	23%	75,95 ± 18,36	24%	*	*
Zn(mg/l)	2,11 ± 1,51	72%	3,34 ± 4,47	134%	ns	ns	2,66 ± 3,13	118%	2,86 ± 3,82	134%	ns	ns
Cu(mg/l)	0,69 ± 0,21	31%	0,64 ± 0,18	29%	ns	ns	0,71 ± 0,20	28%	0,60 ± 0,17	29%	*	*
Mn(mg/l)	47,21 ± 33,70	71%	25,68 ± 26,36	103%	*	*	53,18 ± 30,74	58%	13,26 ± 14,14	107%	*	*
Fe(mg/l)	71,94 ± 31,87	44%	84,70 ± 29,76	35%	ns	*	68,94 ± 28,13	41%	91,34 ± 31,00	34%	*	*
MO(%)	7,08 ± 1,59	22%	7,35 ± 1,50	20%	ns	ns	6,95 ± 1,41	20%	7,58 ± 1,66	22%	ns	*
N(%)	0,44 ± 0,12	28%	0,47 ± 0,13	28%	ns	ns	0,43 ± 0,11	26%	0,50 ± 0,14	28%	*	*
Argila(%)	57,29 ± 9,86	17%	57,13 ± 11,76	21%	ns	ns	58,96 ± 8,77	15%	54,88 ± 12,83	23%	ns	ns
Silte(%)	17,08 ± 3,22	19%	17,13 ± 3,68	21%	ns	ns	16,49 ± 2,62	16%	17,93 ± 4,21	23%	ns	ns
AreiaGrossa(%)	7,11 ± 5,44	76%	5,35 ± 3,00	56%	ns	*	6,54 ± 5,05	77%	5,74 ± 3,39	59%	ns	ns
Areiafina(%)	18,51 ± 4,20	23%	20,38 ± 7,06	35%	*	*	18,00 ± 3,78	21%	21,45 ± 7,50	35%	ns	*
SB (me/100cc)	2,48 ± 2,59	105%	1,24 ± 1,67	134%	*	*	2,63 ± 2,48	94%	0,78 ± 1,26	162%	*	*
CTC (me/100cc)	3,53 ± 2,20	62%	2,91 ± 1,32	45%	ns	ns	3,55 ± 2,15	61%	2,75 ± 1,09	40%	ns	ns
Sat. Al (%)	40,01 ± 28,46	71%	63,38 ± 24,95	39%	*	*	35,50 ± 24,58	69%	74,25 ± 17,46	24%	*	*

* Diferenças significativas pelo teste de Kruskal-Wallis (Teste H); ** meq/100cc = cmolc/dm³.

O perfil topográfico da Mata de Galeria do Pitoco apresenta declividade média no bloco “a” de 14%, e no bloco “b” de 10%. A cota mínima para o bloco “a” as margens do córrego do Pitoco é de 1096 metros aproximadamente, e às margens com o cerrado é de aproximadamente 1110 metros, com um desnível vertical (dv) de 14 metros. A distância horizontal (dh) para o bloco “a” é de 100 metros. Para o bloco “b” o “dv” é de 18 metros, com cota mínima de 1087 metros e cota máxima de 1105 metros e o “dh” é de 170 metros (Figura 5.1).

Para a “comunidade úmida”, considerando-se a categoria arvoretas, no bloco “a” o “dh” é de 60 metros e o “dv” é de 9 metros, com declive médio de cerca de 13%. No bloco “b” o “dh” é de 30 metros e o “dv” é 3 metros com declive médio de 10% em média. Para a “comunidade seca”, no bloco “a” o “dh” é de 40 metros e o “dv” de 4 metros com declive médio de 10%. No bloco “b”, o “dh” é de 130 metros e o “dv” de 13 metros com declive médio também de 10% (Figura 5.1).

A informação do gradiente topográfico pode se sobrepor à informação dos gradientes das variáveis do solo, no sentido da melhor visualização das diferenças nas concentrações das variáveis ligadas à fertilidade do solo tais como pH, Mg, Ca e K ($p < 0,01$), contrapondo com sítios com maiores valores de variáveis relacionadas à acidez, sejam elas: “m” e o Al ($p < 0,01$). Observa-se que para as variáveis que explicam a fertilidade, o pH e a SB apresentam maiores concentrações à medida que estão próximas ao cerrado (Figura 5.2), enquanto que “m” e Al aumentam seus valores à medida que se aproximam do curso d’água (Figuras 5.3).

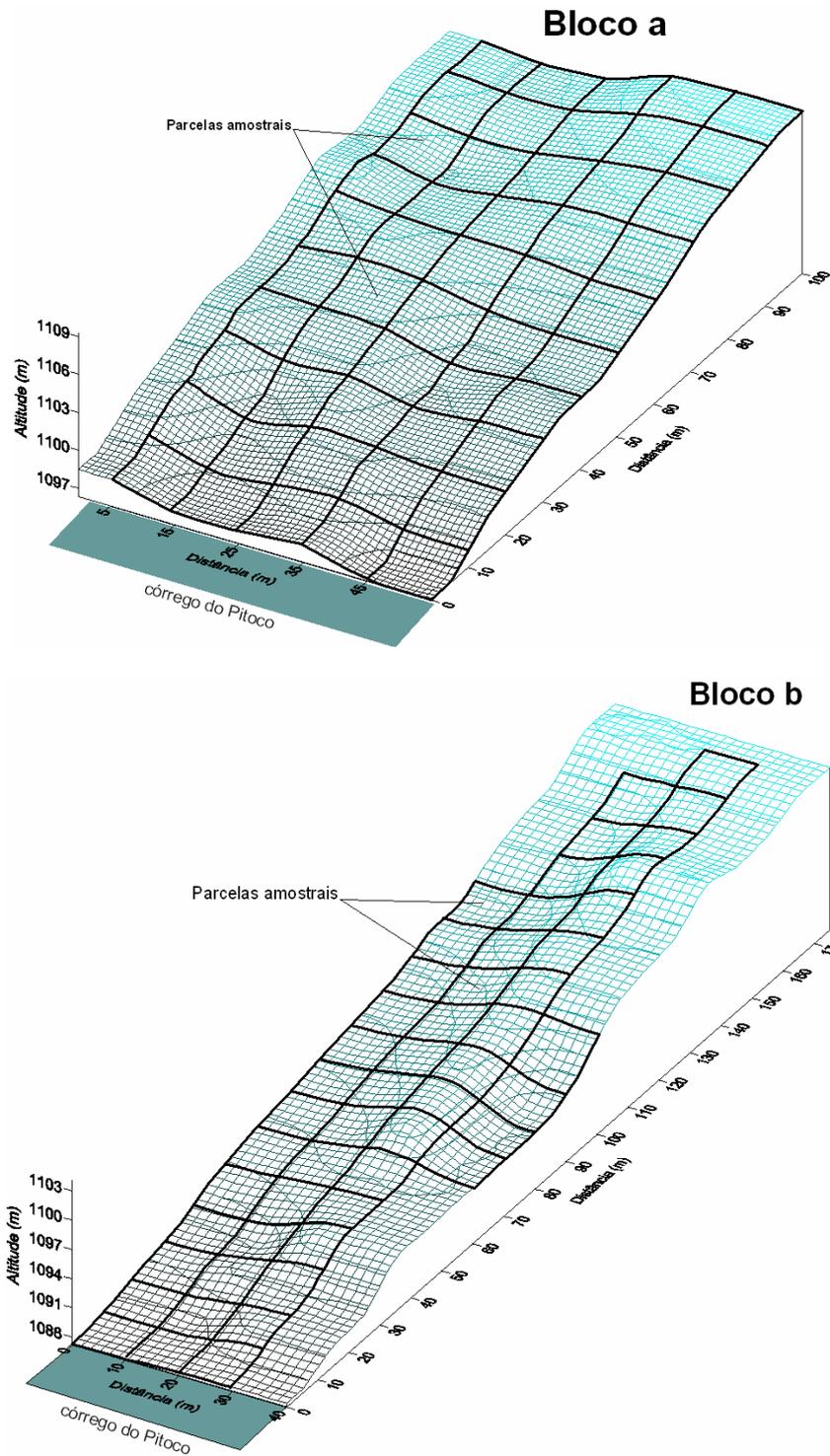
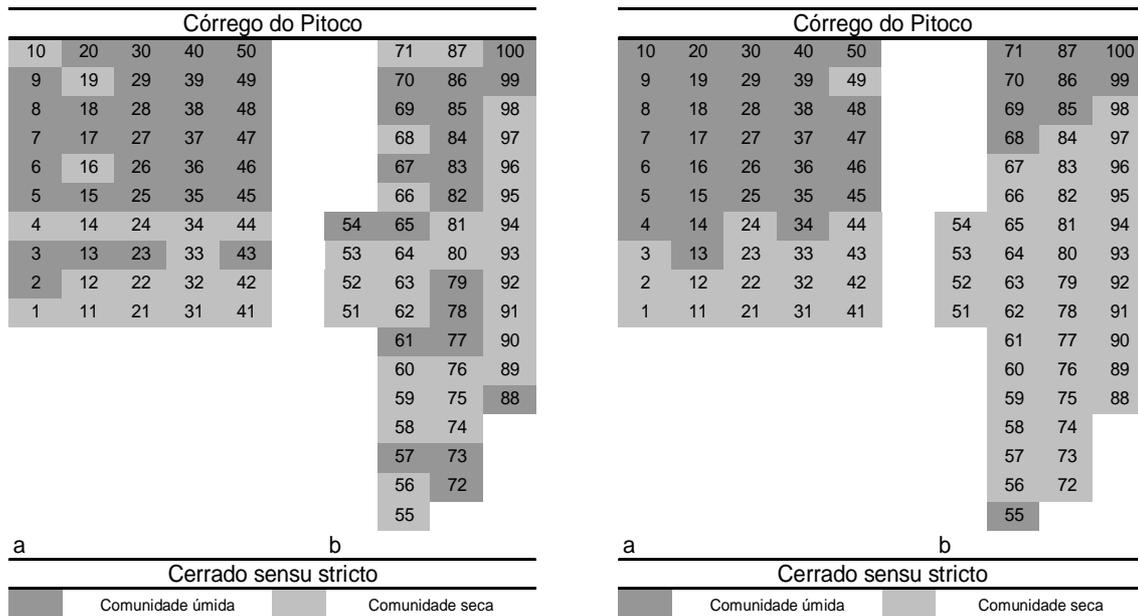


Figura 5.1 – Perfil topográfico e cotas altimétricas das 100 parcelas amostradas (bloco a = 50) e (bloco b = 50) na Mata de Galeria do Pitoco, localizada na Reserva Ecológica do IBGE, DF.



Mudas (altura < 1,0 m)

Arvoretas (altura > 1,0 m e DAP < 5,0 cm)

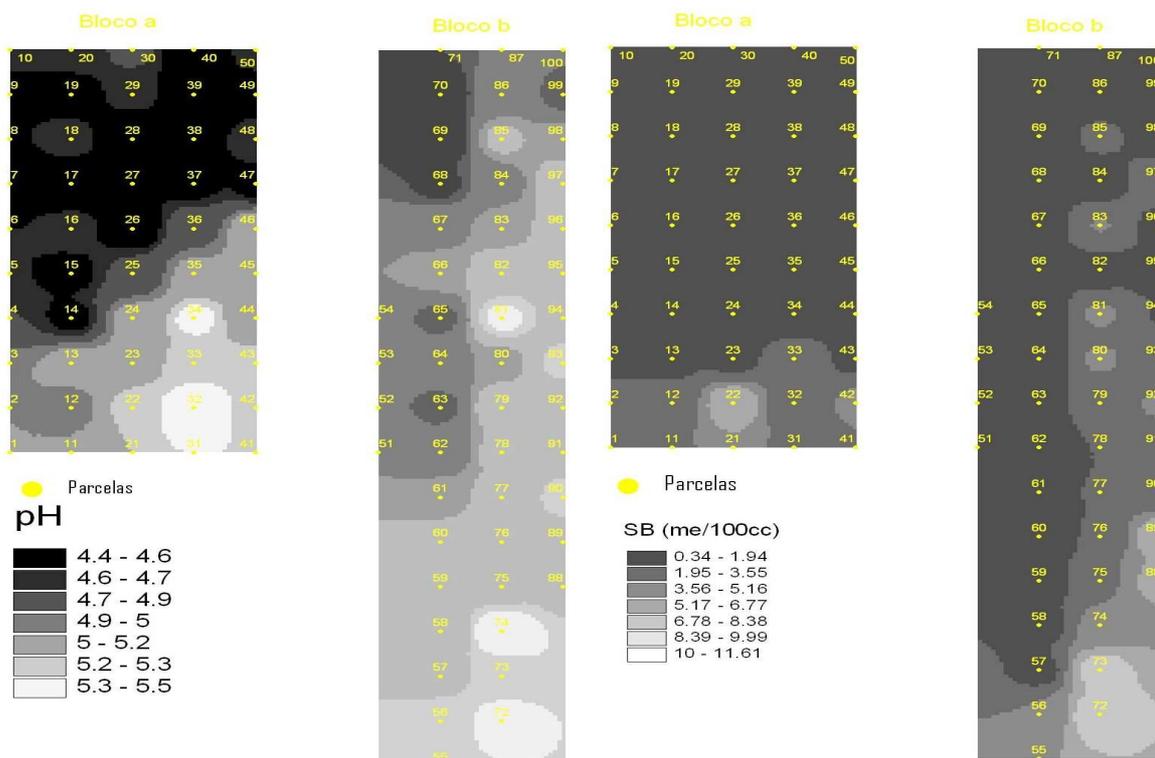


Figura 5.2 – Acima: Distribuição da “comunidade úmida” e “comunidade seca” estabelecidas pelo método TWINSpan, para as categorias de mudas e arvoretas (*sensu* Souza, 2002), amostradas na Mata de Galeria do Pitoco, localizada na Reserva Ecológica do IBGE, DF. Abaixo: Gradiente de pH e SB obtido através de interpolação dos valores ao longo das 100 parcelas amostradas em dois blocos (a e b).

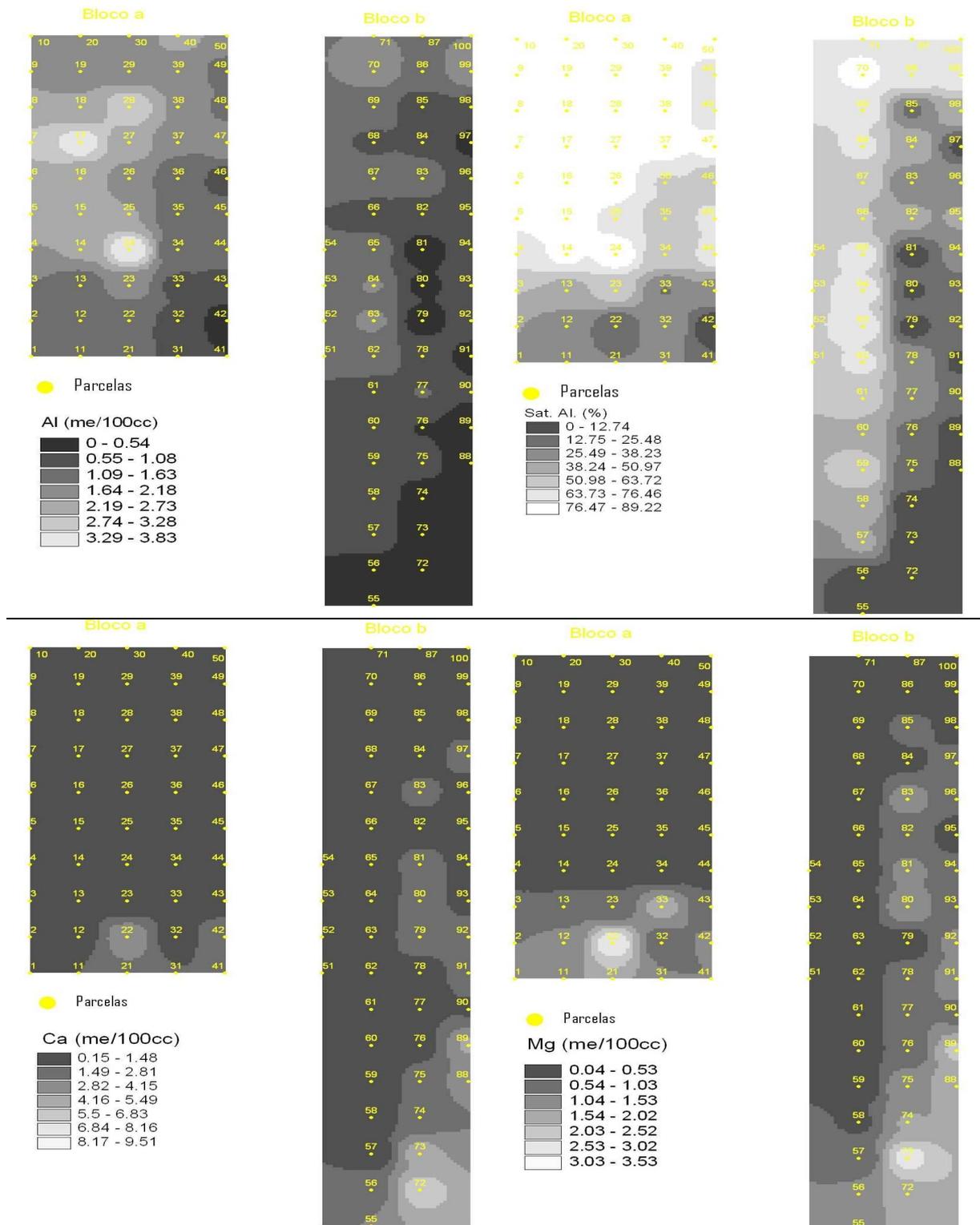


Figura 5.3 – Gradiente de Al, “m” (Sat. Al.), Ca e Mg obtido através de interpolação dos valores ao longo das 100 parcelas em dois blocos (a e b) na Mata de Galeria do Pitoco, localizada na Reserva Ecológica do IBGE, DF.

A partir da Análise de Componentes Principais pode-se confirmar se estas parcelas estão físico-quimicamente correlacionadas às parcelas próximas a ela no campo, sendo esta, mais uma informação que permite explicar porque parcelas de “comunidade úmida” ocorrem em sítios secos, e vice-versa.

5.3.2. Análise de componentes principais (PCA) e gradientes do solo

Os eixos I e II obtiveram variâncias de 70,8% e 12,6%, que somados, resultaram na explicação de 83,4% da variância total. Os autovalores (*eigenvalues*) tiveram valores de 0,70 e 0,12 para os eixos I e II de ordenação, respectivamente, que explicam grande parte das variações observadas entre as parcelas. As correlações ao longo dos componentes principais e a ordenação das variáveis do solo podem ser observadas na Tabela 5.3 e na Figura 5.4, respectivamente.

Tabela 5.3 – Correlações entre as variáveis do solo e os eixos I e II da Análise de Componentes Principais, para a Mata de Galeria do Pitoco, localizada na Reserva Ecológica do IBGE, DF.

Eixos	Variância (%)	Mn (mg/l)	N (%)	pH	Al (me/100cc)	Mg (me/100cc)	P (mg/l)	Ca (me/100cc)	Ar.fina (%)
I	70,8	-0,83	0,72	-0,92	1,16	-0,79	0,74	-0,79	0,70
II	12,6	-0,34	0,31	-0,29	-0,68	0,20	0,19	0,27	0,34

As variáveis consideradas mais importantes (correlações com os eixos > 0,3) apresentaram as maiores correlações com o eixo I de ordenação e que portanto contribuíram com a maior parte da variação neste eixo em ordem decrescente são: Al > Ph > Mn > Ca, Mg > P > N > Ar. Fina. Para o eixo II de ordenação, as variáveis mais importantes, também em ordem decrescente foram: Al > Ar. Fina > Mn > N > pH > Ca > Mg > P (Tabela 5.3).

As maiores correlações entre as variáveis do solo (> 0,8) foram entre: Ca × Mg (0,90); pH × Mn (0,84); pH × Al (-0,83); Al × Ca (-0,82); N × Areia fina (0,81) e P × N (0,80) (Ver Tabela 5.4). As variáveis que apresentaram altas correlações podem ser visualizadas em posições próximas umas das outras, quando a correlação é positiva, e distantes e em locais opostos, quando a correlação é negativa (Figura 5.4).

Tabela 5.4 – Matriz de correlação resultante da Análise de Componentes Principais para as principais variáveis físicas e químicas do solo amostradas (0 a 10 cm) na Mata de Galeria do Pitoco, localizada na Reserva Ecológica do IBGE, DF.

Variáveis	Mn (mg/l)	N (%)	pH	Al (me/100cc)	Mg (me/100cc)	P (mg/l)	Ca (me/100cc)	Ar.fina (%)
Mn	1,00							
N	-0,18	1,00						
pH	0,84	-0,28	1,00					
Al	-0,73	0,46	-0,83	1,00				
Mg	0,72	0,03	0,74	-0,77	1,00			
P	-0,19	0,80	-0,27	0,45	-0,10	1,00		
Ca	0,64	-0,03	0,73	-0,82	0,90	-0,12	1,00	
Ar.fina	-0,19	0,81	-0,26	0,40	-0,04	0,73	-0,02	1,00

Para o primeiro eixo de ordenação, é possível identificar um gradiente de fertilidade, com as variáveis Ca, Mg, Mn e pH com altas correlações positivas entre si, e do lado oposto da ordenação, a variável Al, que influencia na acidez do solo, apresentando alta correlação negativa com as variáveis primeiramente mencionadas (Figura 5.4). Isso significa que nos sítios onde as variáveis que aumentam o pH do solo ocorrem, as que tornam o solo mais ácido têm valores bem menores e vice-versa. Tal relação também pode ser analisada comparativamente através da visualização dos gradientes das variáveis, disponíveis na Figuras 5.2 e 5.3.

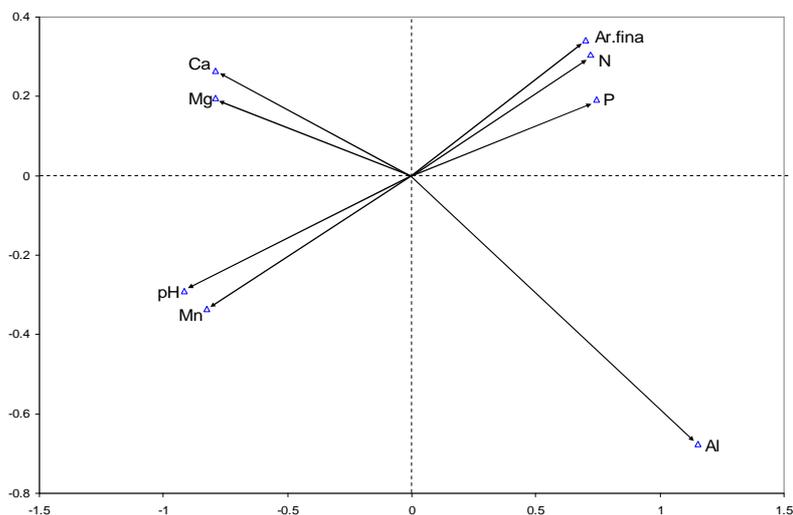


Figura 5.4 – Diagrama de ordenação da Análise dos Componentes Principais (PCA), a partir das oito principais características físico-químicas do solo, com base em 100 amostras coletadas na profundidade de 0 a 10 cm, na Mata de Galeria do Pitoco, localizada na Reserva Ecológica do IBGE, DF.

Analisando-se as variáveis com as mais altas correlações para o 2º eixo de ordenação (Tabela 5.3), bem como através das correlações entre elas (Tabela 5.4), é possível identificar que em sítios onde ocorreram maiores concentrações de Mn, o solo apresentou-se mais básico (ver Figuras 5.2.e 5.5). O N e o P que estão próximos e apresentam uma correlação de 0,80 (Tabela 5.4), estão ocorrendo em sítios próximos, o que pode ser bem visualizado através do gradiente destas variáveis (Figuras 5.6).

Embora o solo tenha variado de argiloso a muito argiloso em sua maioria (ver Tabela 5.2), também é possível constatar que em parcelas menos argilosas, o teor de N e P foi maior, bem como o de Areia fina, como pode ser visto na proximidade entre estas variáveis (Figuras 5.5 e 5.6). No entanto, observa-se que os gradientes das variáveis Argila, Areia fina, N e P, indicam que as mudanças texturais e os teores de N e P podem não estar relacionados com o gradiente topográfico, mas talvez com diferenças entre os solos dos blocos “a” e “b” (Figura 5.5 e 5.6).

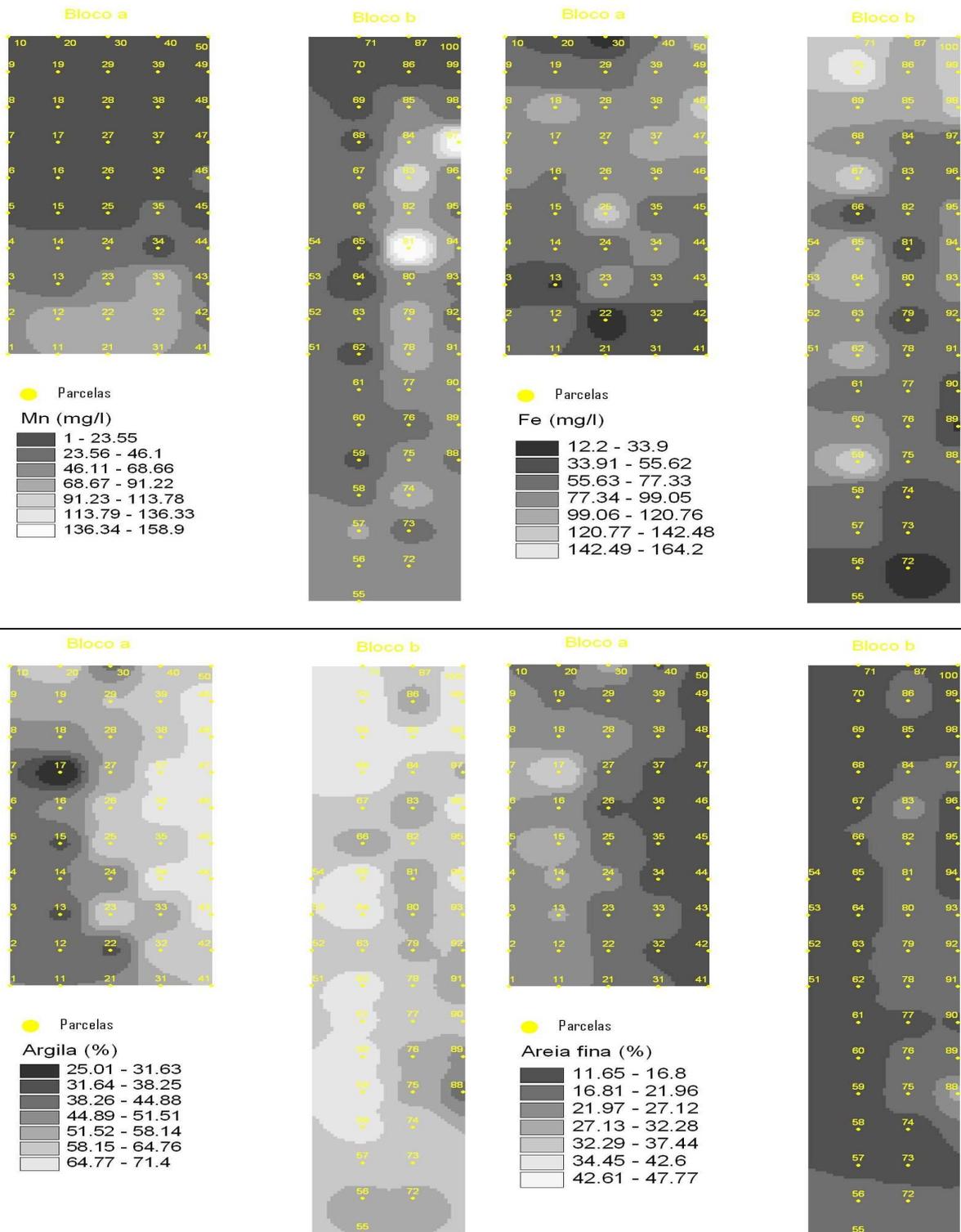


Figura 5.5 – Gradiente de Mn, Fe, Argila e Areia Fina, obtido através de interpolação dos valores ao longo das 100 parcelas em dois blocos (a e b) na Mata de Galeria do Pitoco, localizada na Reserva Ecológica do IBGE, DF.

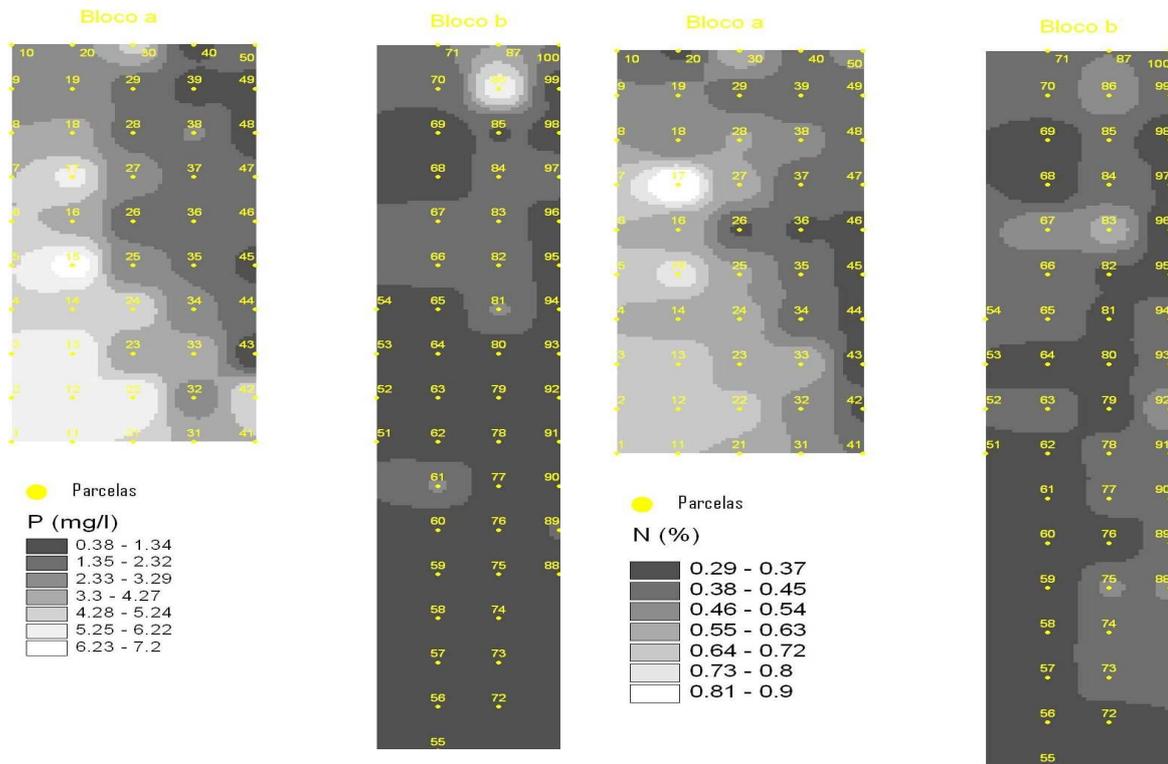


Figura 5.6 – Gradiente de P e N, obtido através de interpolação dos valores ao longo das 100 parcelas em dois blocos (a e b) na Mata de Galeria do Pitoco, localizada na Reserva Ecológica do IBGE, DF.

As comunidades “seca” e “úmida” na categoria mudas (Figura 5.7), em geral, tendem a se comportar da mesma forma que na categoria arvores (Figura 5.8), ou seja, respondendo a um gradiente de fertilidade ao longo do perfil topográfico. No entanto percebe-se que parcelas que ocorrem na mata, provavelmente em sítios secos em razão da maior distância do córrego, foram classificadas como de “comunidade úmida” e vice-versa, no total de 25 parcelas, admitindo-se como padrão, a identificação das parcelas através da classificação florística realizada para a categoria arvores (Figura 5.2). Na categoria arvores, este comportamento supostamente se restringiu a duas parcelas (49 e 55) em razão da presença de espécies típicas de outra comunidade, ou que apresentem altas densidades de indivíduos em parcelas de outra comunidade.

Tendo como parâmetro os vetores das principais variáveis que explicam as diferenças físico-químicas entre as parcelas, gerados pela análise PCA (Figura 5.4), pode-se dizer que as parcelas da “comunidade seca”, em sua maioria, estão respondendo as maiores

concentrações de Ca, Mg, e em outras parcelas da mesma comunidade florística, estão ocorrendo sítios com maior quantidade de Mn e menor acidez, o que pode ser confirmado pela diferenças de médias entre as variáveis (Tabela 5.2), bem como através da análise dos gradientes das variáveis do solo (Figuras 5.2, 5.4 e 5.5). Observando-se as informações relativas à classificação florística, constantes às Figuras 5.1 e 5.3, é possível reforçar a impressão de que esta variação está relacionada aos locais mais elevados do gradiente topográfico, ao menos para as variáveis Al, m, Ca e Mg.

As parcelas da “comunidade úmida” na categoria arvoretas (Figura 5.8), estão posicionadas na direção de vetores que indicam maiores teores de N, P e Areia fina, para um grupo, e outro grupo mais próximo ao vetor que indica o aumento na concentração de Al, responsável pela maior acidez do solo (Figura 5.4). Essa informação tem respaldo nas observações dos gradientes destas variáveis (Figuras 5.3, 5.5 e 5.6), sendo que, como já foi dito, as variações de N, P e Areia fina, parecem não estar correlacionadas ao declive, mas a sítios específicos. Esse também pode ser o motivo pelo qual o Al não está fortemente correlacionado com estas variáveis (Tabela 5.4), pois o gradiente apresentado pelo Al indica correlação com a topografia (Figura 5.3). Estas variáveis apresentam as maiores médias para “comunidade úmida” e diferem significativamente das médias da “comunidade seca” (Tabela 5.2).

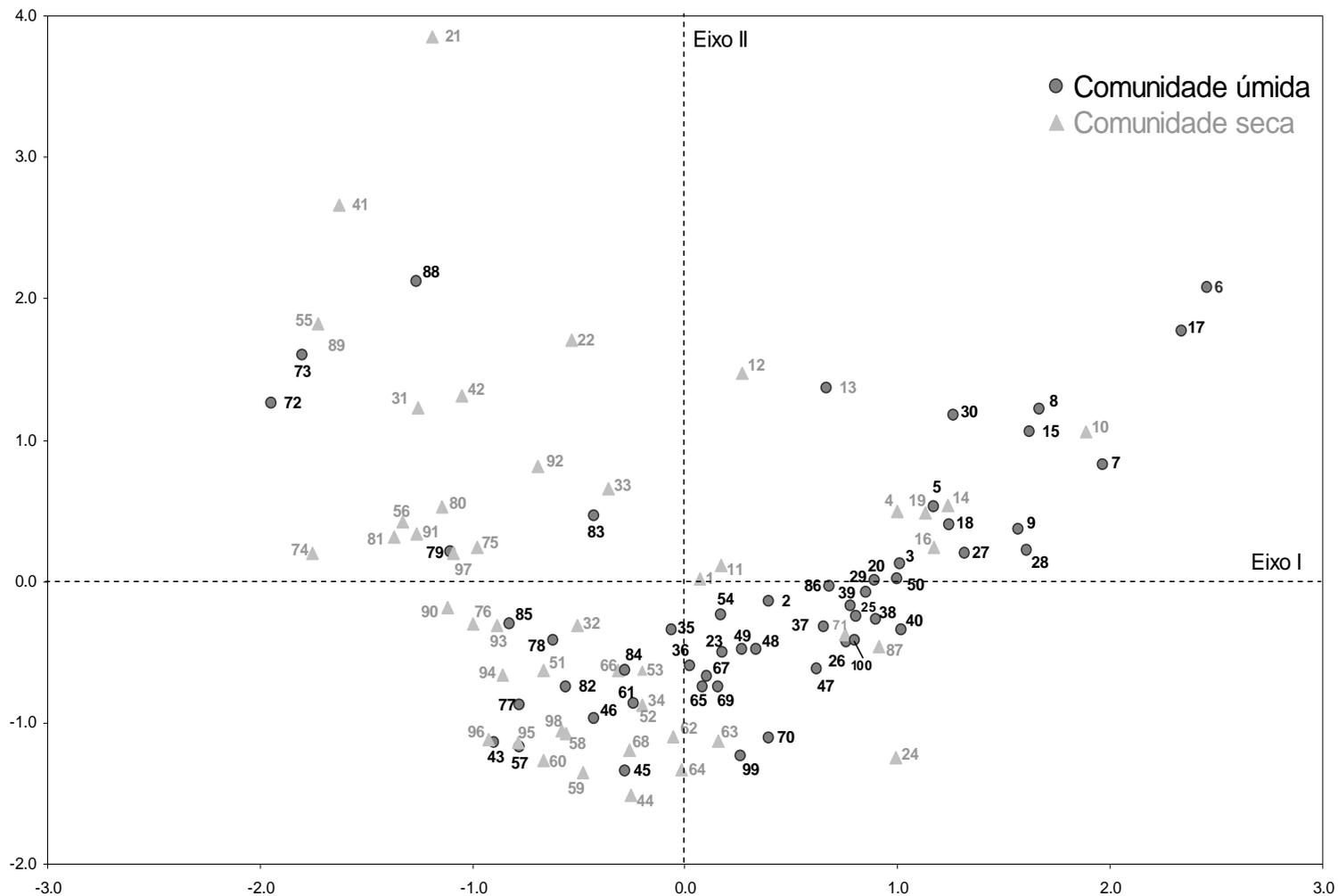


Figura 5.7 – Diagrama de ordenação da análise dos componentes principais (ACP), a partir das 100 amostras de solo (0 a 10 cm), representando a distribuição espacial das subparcelas (2 m × 2 m) amostradas na Mata de Galeria do Pitoco, localizada na Reserva Ecológica do IBGE, DF, em função de suas características físico-químicas. As amostras estão rotuladas em “comunidade úmida” e “comunidade seca”, de acordo com o resultado da análise TWINSpan para categoria mudas (altura < 1 m) (sensu Souza, 2002).

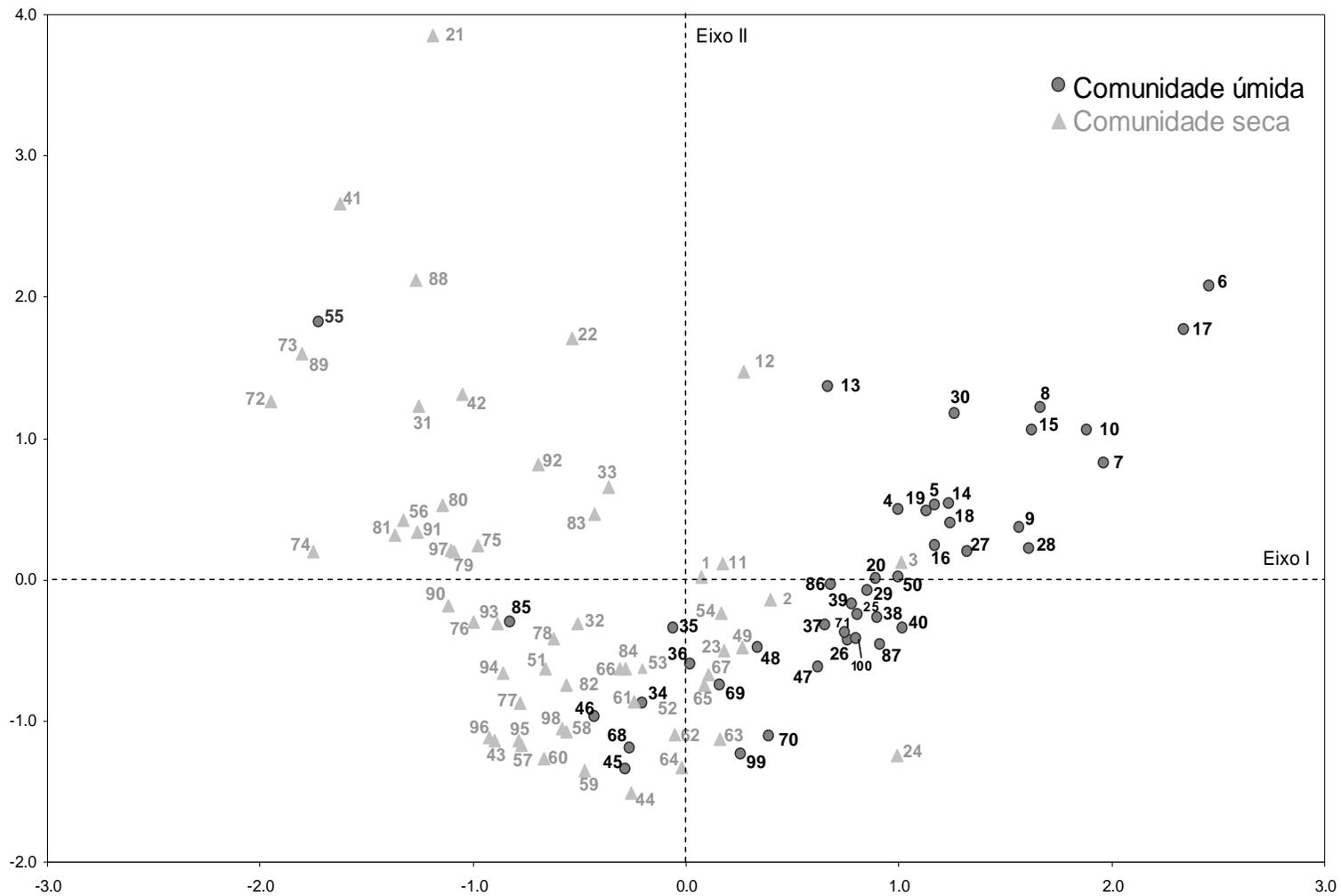


Figura 5.8 – Diagrama de ordenação da Análise dos Componentes Principais (PCA), a partir das 100 amostras de solo (0 a 10 cm), representando a distribuição espacial das subparcelas (5 m × 5 m) amostradas na Mata de Galeria do Pitoco, localizada na Reserva Ecológica do IBGE, DF, em função de suas características físico-químicas. As amostras estão rotuladas em “comunidade úmida” e “comunidade seca”, de acordo com o resultado da análise TWINSpan para categoria arvores (altura > 1,0 m e DAP ≤ 5,0 cm) (*sensu* Souza, 2002).

5.4. DISCUSSÃO

Os solos das Matas de Galeria no DF, como descrito por Reatto *et al.* (2001), são em geral, solos com baixa saturação de bases, em sua maioria distróficos, ácidos e muitas vezes até álicos. Essas características foram anotadas pelos autores para várias classes de solos (Hidromórficos, Podzólicos, Alúvios Cambissolos e Latossolos). Os autores constataram ainda, que na Bacia Hidrográfica do córrego Olaria - DF, que dos solos analisados, 80% foram classificados como álicos, e em sua maioria distróficos. Para a mesma bacia, foi constatada a presença de Latossolo Vermelho-amarelo álico e distrófico e Cambissolos com saturação de bases variando de 15% a 31% e de saturação de alumínio entre 8,4% e 31%.

Os resultados da análise de solo da Mata de Galeria do Pitoco foram compatíveis com os tipos de solo ocorrentes nas Matas de Galeria do DF, no entanto, a saturação de Alumínio variou entre 35% a 74%, considerada alta em relação as observações em matas do DF (Tabela 5.2). Os níveis de MO encontrados tanto na “comunidade seca” quanto na “comunidade úmida” foram considerados muito altos (6,95% a 7,58% - Tabela 5.2), considerando-se as médias para mudas ou para arvoretas. Os valores foram acima dos encontrados por Reatto *et al.* (2001), que variaram de 4,3% a 5,4% para o Latossolo Vermelho-Amarelo, que também foram considerados altos pelos autores.

Apesar dos solos das Matas de Galeria do DF serem considerados pobres em nutrientes, ácidos e com elevado teor de Al, por outro lado o elevado teor de matéria orgânica na Mata de Galeria do Pitoco pode ser responsável pela maior fertilidade do solo em certos locais do gradiente topográfico. Haridassan (1998) enfatiza que a serrapilheira disponibiliza uma quantidade de nutrientes muito superior que a da camada superficial do solo, que são imediatamente absorvidos pela malha fina de raízes superficiais das plantas, á medida em que são mineralizados. A lixiviação de nutrientes do solo de partes mais altas a erosão geológica e a deposição coluvial de materiais resultantes do intemperismo podem ser os responsáveis pelo maior teor de nutrientes nas Matas de Galeria, em relação ao cerrado sentido restrito (Correia *et al.*, 2001), que por sua vez, também influencia na produção de serrapilheira e em seu conteúdo de nutrientes (Pagano e Durigan, 2001).

Os resultados das médias das variáveis do solo na Mata de Galeria do Pitoco se assemelham aos padrões observados por Silva Júnior *et al.* (1996). Este estudo também foi

realizado na Mata de Galeria do Pitoco e os valores médios das variáveis pH, Ca, Mg, K, Cu, Mn (0 – 10 cm) também foram maiores na “comunidade seca”, exceto para Cu. Para a “comunidade úmida”, os maiores valores foram Al, P, Fe, N e MO e Areia Fina, tal como visto neste estudo, embora a coleta de solos tenha abrangido um número de parcelas maior no mesmo trecho avaliado. Silva Júnior *et al.* (1996) identificou três comunidades para a categoria árvores (DAP \geq 5,0 cm), sejam elas: a “seca”, a “intermediária” e a “úmida”, sendo que a comunidade intermediária apresentou valores médios para as características físico-químicas do solo, evidenciando um gradiente ao longo do declive.

Para as Matas de Galeria do Monjolo e do Taquara, a identificação de diferentes comunidades florísticas, posicionadas em diferentes porções do gradiente topográfico também foram correlacionadas com diferenças significativas das variáveis do solo (Silva Júnior, 1995). A Mata de Galeria do Taquara, que também apresentou duas comunidades, igualmente apresentou maiores valores médios na “comunidade seca” para as variáveis pH, Ca, Mg, K, Mn, MO, SB, CTC e maiores valores de Areia fina e grossa., ou seja, seis das oito variáveis (exceto M.O e CTC) que explicam em sua maioria, a fertilidade do solo, apresentam-se ligadas à “comunidade seca” como na Mata de Galeria do Pitoco. A “comunidade úmida” da Mata do Taquara também apresentou maiores valores médios para Al, Fe, m e Argila para a “comunidade úmida” tal como na Mata de Galeria do Pitoco, com exceção da variável Argila, que não variou significativamente nessa mata.

Na Mata de Galeria do Monjolo, onde foram identificadas três comunidades, uma seca e duas úmidas (íngreme e plana), a “comunidade seca” apresentou valores médios de pH, Ca, Mg, K, Mn, MO, SB, CTC e Areia grossa maiores significativamente para a “comunidade seca”, comportamento semelhante à Mata de Galeria do Taquara e a do Mata de Galeria do Pitoco, para esta comunidade. Para as “comunidades úmidas”, que praticamente não se diferenciaram estatisticamente quando comparadas, os maiores valores ocorreram para as variáveis Al, Fe e m, tal como para a “comunidade úmida” da Mata de Galeria do Pitoco. Os teores de P não se diferenciaram estatisticamente entre as matas e só a MO apresentou comportamento oposto ao observado em relação à Mata de Galeria do Pitoco, ocorrendo em maior quantidade na “comunidade seca”, tal como na Mata de Galeria do Taquara, DF.

No estudo de Silva Júnior (1995), a Mata de Galeria do Taquara, onde só foram identificadas 2 comunidades (úmida e seca) apresentou declividade média de 7% e largura de 47 metros, menores do que as registradas na Mata de Galeria do Pitoco, que apresentou declividade média de 11% e largura média de 52 metros. O autor sugere que a menor declividade e menor largura da Mata do Taquara, pode ter sido o fator preponderante na formação de apenas duas comunidades florísticas, com base na categoria árvores (DAP \geq 5,0 cm). Por outro lado, a Mata de Galeria do Monjolo apresenta declividade média de 19% e largura média de 82 metros, o que possibilitou a identificação de três comunidades. Apesar de ocorrerem declividades médias maiores para a Mata do Monjolo, ocorrem trechos de queda abrupta do declive com posterior suavização e maior presença de “comunidades úmidas” em locais perfis pouco declivosos. Declives suaves na Mata do Monjolo e do Taquara, podem estar promovendo a existência de “comunidades úmidas” nos trechos mais distantes dos respectivos córregos, embora próximos do lençol freático, promovendo um acúmulo maior de matéria orgânica, o que não ocorre no Pitoco. Na “comunidade úmida” as maiores concentrações de M.O, nutrientes orgânicos (N, P), Al, “m”, Fe e menores valores de pH, podem estar relacionados com o alto nível de umidade, que promove o acúmulo de matéria orgânica pelas condições anaeróbicas criadas pelo encharcamento e menor disponibilidade de O₂ nestas condições (Rodrigues, 1989; Brady, 1996).

Estudando as diferenças a variação ambiental ao longo de 4 diferentes trechos de uma Mata de Galeria em Itutinga, Minas Gerais, van den Berg e Santos (2003) também detectaram um aumento da umidade e acidez do solo no sentido: borda→meio→margem. Dentre estes setores, os mais diferenciados foram os pertencentes a dois blocos sob solo Cambissólico háplico distrófico e Latossolo vermelho-amarelo ácrico. Este resultado respalda em parte os resultados observados neste trabalho.

Silva Júnior *et al.* (1996) descrevendo os resultados das análises de solo para a Mata de Galeria do Pitoco, destacou que a contribuição de materiais não intemperizados continuamente depositados pode explicar a saturação de bases mais elevada observada na “comunidade seca”, tal como foi constatado neste estudo. Embora, em geral, os solos do DF sejam derivados de rochas metamórficas ácidas, dando origem a solos pobres e ácidos (Haridasan, 1990). A classificação do solo utilizada neste estudo teve como base o levantamento realizado pelo IBGE (2005), que se apresenta na escala de 1:10.000 (ver Figura

3.2). A partir desse levantamento foi possível identificar na área três classes de solos, ou seja: Latossolos vermelho-amararelos distróficos, principalmente no bloco “b”; Latossolos vermelho-amararelos distroféricos em sua maioria no bloco “a”, e uma pequena mancha de solo Orgânico na parte inferior dos blocos “a” e “b” (Prado, 2003). Entretanto, a escala do levantamento dos solos pode não ter sido suficiente para detectar “manchas” de solos mais férteis. No levantamento realizado por Silva Júnior (1995), o autor ponderou que no local também foi identificado um perfil de Cambissolo, que apresentou o horizonte B incipiente, com alta saturação de base esperada, devido à relativa recenticidade deste tipo de solo, que também pode ser a origem do maior valor das bases nas posições mais altas do declive. A escala utilizada no levantamento de solos pode não ter identificado uma porção significativa deste tipo de solo na Mata de Galeria do Pitoco.

Os locais mais ácidos na Mata de Galeria do Pitoco ocorreram na “comunidade úmida”. Nas Matas de Galeria, principalmente próximo aos cursos d’água, condições anóxicas, promovem a substituição de microrganismos aeróbicos, podendo levar ao acúmulo de gases como o CO₂, NH₄, H₂S (Ponnamperuma, 1984, citado por Lobo e Joly, 2001). Nestas condições de umidade, Ross (1989) citado por Silva Júnior (1998), indicou que a menor solubilidade de CO₂ resultou na formação de compostos ácidos que diminuem o pH do solo. Nogueira e Haridasan (1997), estudando quatro Matas de Galeria do DF obtiveram também menores valores para pH, e maiores valores para N, P e Al em solos mal drenados. Autores como van den Berg e Oliveira-Filho (1999) também detectaram diminuições do pH da borda em direção ao curso d’água, enquanto as concentrações de Al, aumentaram, na mesma direção do declive.

Quanto as possíveis fontes de N e P em parte dos sítios da “comunidade úmida”, Davide e Botelho (1999) afirmaram que as Matas de Galeria conseguem reter aproximadamente 80% do P e 89% do N, provenientes do escoamento superficial das áreas adjacentes, o que também pode estar contribuindo para o maior teor destes nutrientes que ocorreram em maior concentração no bloco “a”, para a “comunidade úmida”, porém, em parcelas mais intermediárias no declive (Figura 5.5). O N é adsorvido pelos colóides do solo em formas lentamente disponíveis, sendo que grandes quantidades do nutriente também são achadas em compostos orgânicos (Brady, 1996), que tiveram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as comunidades, somente para a categoria arvoretas, com maiores valores para a “comunidade úmida”.

Possíveis motivos para a diferença na concentração de nutrientes entre as diferentes comunidades de plantas levantadas para a Mata de Galeria do Pitoco, por Silva Júnior (1995) foram investigados por Parron (2004) através do estudo da relação entre a topografia e a ciclagem biogeoquímica de nutrientes. A autora concluiu que na “comunidade úmida” onde a umidade do solo é supostamente maior, a produção anual de serrapilheira é menor e a taxa de decomposição maior que na “comunidade seca”. Em função da maior taxa de decomposição o estoque da serrapilheira e o tempo de residência da mesma no solo são menores. Embora o ambiente seja mais úmido, há maior retranslocação de N e S e maior eficiência do uso de K, Ca, Mg e S pelas plantas. Em contraste, onde há uma restrição hídrica na estação seca, a concentração de de K, Ca, Mg nas folhas e na serrapilheira é maior ocorrendo imobilização de N e S durante a sua decomposição e maior eficiência de uso do N e do P pelas plantas.

As maiores eficiências no uso dos nutrientes podem ser explicadas, justamente, em razão da menor disponibilidade dos nutrientes em cada uma das comunidades. Se por um lado pode-se explicar a maior concentração de Ca, Mg e K no solo da “comunidade seca” em razão da serrapilheira, por outro lado o maior percentual de M.O ocorreu neste estudo para a “comunidade úmida” ($p < 0,05$, Tabela 5.2). Por outro lado, nos ambientes secos os nutrientes estariam disponibilizados pela serrapilheira em maior quantidade, uma vez que foram constatados os maiores níveis de nutrientes tais como Ca, Mg, K e maior pH nas parcelas delimitadas pela “comunidade seca” (categoria arvoretas, principalmente), refletindo a maior fertilidade do solo neste local da mata. As conclusões entre o estudo de Parron e este estudo podem ser um pouco diferentes, também em razão das comunidades admitidas para estabelecimento das diferenças, visto que no estudo de Parron (2004) foram três, as mesmas levantadas por Silva Júnior (1995) (“úmida”, “seca” e “intermediária”) em detrimento de somente duas classificadas por Souza (2002), para mudas e arvoretas.

De forma geral, a regeneração parece também estar respondendo, a um padrão de fertilidade relacionado ao gradiente topográfico, tal como ocorreu para as árvores adultas estudadas por Silva Júnior (1995; 1998). Os gradientes de concentrações das variáveis do solo são bem correspondidos pela divisão da “comunidade úmida” e “comunidade seca”, na categoria arvoretas, mas não apresentam uma correspondência tão visível para a classificação florística realizada para a categoria mudas.

Na categoria mudas, o arranjo espacial das parcelas determinado pelas principais características físico-químicas do solo (PCA), mostra que algumas parcelas da “comunidade úmida” ocorrem próximas às parcelas classificadas como de “comunidade seca”, e vice-versa (Figura 5.7). Esta proximidade entre parcelas classificadas em duas comunidades florísticas, seria em razão das parcelas apresentarem similaridades físico-químicas entre si, mas não apresentam similaridades florísticas. Ainda, para a mesma análise (PCA), maiores distâncias entre as parcelas, tanto para mudas quanto para arvoretas nos diagramas de ordenação significam maiores diferenças físico-químicas, ainda que estejam próximas entre si na mata. Isto significa que certas parcelas podem representar sítios aptos a espécies de uma comunidade daquela que ocupa suas proximidades. Por outro lado, a proximidade entre parcelas no diagrama pode indicar similaridades físico-químicas entre as mesmas. No entanto, estas parcelas próximas podem, ainda assim, apresentar-se em diferentes comunidades florísticas, à medida que uma delas abrigar uma espécie “preferencial” de uma comunidade diferente à do seu entorno.

A ocorrência da muda em determinado local, por exemplo, não necessariamente revela sua relação com a fertilidade do solo como visto, por exemplo, para as parcelas 49 (“c. seca”) localizada próximo ao córrego e e 55 (“c. úmida”), localizada próximo ao cerrado, para a categoria arvoretas. As exceções ocorreram provavelmente porque o sítio mais úmido (parcela 49) foi ocupado por indivíduos preferenciais (maior densidade) da “comunidade seca” (ex.: *Vitex polygama*), bem como pode ter ocorrido o comportamento inverso com a parcela 55, ou seja, sítio seco ocupado por indivíduos preferenciais de ambientes úmidos, ou que provavelmente apresentaram grandes densidades em sítios tipicamente úmidos (ex.: *Matayba guianensis*). Na categoria mudas este comportamento foi observado em pelo menos 25 parcelas (Figura 5.2), visto que a espécie nesta fase de desenvolvimento pode estar apenas respondendo momentaneamente a fatores não edáficos (Felfili, 2001).

A muda pode ter ocorrido no local, primeiramente em função da proximidade dos indivíduos parentais (Janzen, 1970 - Capítulo IV), e posteriormente germinar neste determinado local por condições ideais de luz e temperatura (Richards, 1999; Bazzaz, 1991). Porém, o solo pode não apresentar condições físico-químicas satisfatórias para a espécie, o que vai exigir do indivíduo, capacidade de adaptação que muitas vezes não ocorre (Felfili *et al.*, 2001). Podem ainda ocorrer injúrias bióticas (patógenos, herbívoros) ou abióticas (secas

ou elevado aquecimento) que podem fazer com que o indivíduo não se desenvolva, mesmo em seus sítios preferenciais (Richards, 1999; Bazzaz, 1991; Felfili *et al.*, 2001). No entanto, numa fase posterior de desenvolvimento, como no estágio arvoretas, por exemplo, as relações edáficas podem se tornar preponderantes, fazendo com que o indivíduo se adapte ou deixe de ocupar aquele determinado sítio (conforme Felfili e Abreu, 1999, para *Persea fusca*).

Quanto às diferenças nas características dos solos entre as comunidades florísticas identificadas para a categoria mudas, apenas dez, das vinte variáveis do solo, apresentaram diferenças significativas. Acredita-se que a associação de espécies a seus sítios específicos, que é o fator que determina a formação das comunidades, ainda não está definida. Por outro lado, na categoria arvoretas, quatorze, das vinte variáveis do solo, apresentaram diferenças significativas entre as comunidades (Tabela 5.2), além de formarem agrupamentos mais definidos, associados mais fortemente aos gradientes do solo (Figura 5.7) e apresentando maior correspondência à classificação florística. A possível causa deste comportamento é a de que já estariam estabelecidas em certos trechos do gradiente topográfico, ou em função de já deixarem de ter existido em trechos não preferenciais, sofrendo mortalidade no estágio mudas, ou por terem se desenvolvido e em razão de estarem em seu habitat preferencial.

5.5. CONCLUSÕES

A diferenciação entre a “comunidade seca” e “comunidade úmida” previamente identificada na Mata de Galeria do Pitoco, com base na similaridade florística, respondeu às variáveis do solo, sejam elas: Al, Mn, Ca, Mg, N, P, pH e Areia fina.

A “comunidade úmida” mostrou ter particularidade com ambientes posicionados na parte mais baixa do relevo, tolerando maiores concentrações de Al, pH mais ácido e menor quantidade de bases, mas com maiores quantidade de macronutrientes essenciais (N e P) e textura pouco menos argilosas com maior teor de Areia fina. Por outro lado, a “comunidade seca” está associada às maiores concentrações de bases (Ca e Mg), Mn e pH mais básico, texturas mais argilosas e está localiza na parte mais alta da toposequência.

A categoria arvoretas respondeu melhor as variações dos fatores ambientais visto ser um estágio de desenvolvimento melhor estabelecido em relação à categoria mudas e, supostamente, já tenha superado a pressão de seleção natural imposta na fase inicial de estabelecimento. As arvoretas, neste caso, mostraram-se correlacionadas com o gradiente topográfico e com as mudanças físico-químicas do solo a ele relacionadas.

A categoria mudas, embora geralmente se distribua de maneira semelhante ao padrão observado para as arvoretas, em muitas parcelas não apresentou correspondência com as mudanças físico-químicas dos solos. Assim, os resultados sugerem que quanto mais avançado o estágio de desenvolvimento do indivíduo, mais este terá sofrido as pressões de seleção impostas pelo ambiente. Logo, espera-se que indivíduos adultos reflitam uma resposta mais expressiva em relação às características dos solos, do que os indivíduos da regeneração natural, principalmente nas primeiras fases de estabelecimento.

CAPÍTULO 6. CORRELAÇÕES ENTRE FATORES AMBIENTAIS E REGENERAÇÃO NATURAL

6.1. INTRODUÇÃO

A grande heterogeneidade espacial no ambiente florestal, resultante de fatores bióticos e abióticos cria um mosaico de diferentes habitats que permite a coexistência de diferentes espécies, como ocorre nas Matas de Galeria, conferindo a esta fitofisionomia, uma das maiores diversidades do bioma Cerrado (Oliveira-Filho, 1994; Mendonça *et al.*, 1998; Walter, 2006). Aliada a sua grande importância como recurso genético, a Mata de Galeria desempenha ainda um importante papel na manutenção da qualidade e quantidade das águas nas bacias hidrográficas, regulando o ciclo hidrológico e evitando que resíduos e nutrientes cheguem aos cursos d'água (Lima e Zackia, 2001, Parron, 2004).

Na tentativa de garantir a manutenção desses ambientes, dada a sua importância para a qualidade de vida da fauna e flora silvestre, bem como da população humana, vários estudos têm sido produzidos no sentido de melhor entender as correlações entre fatores ambientais e a distribuição espacial das espécies nas Matas de Galeria (Oliveira-Filho *et al.*, 1994 a,b,c; Felfili, 1995b, 1997, 1998; Silva Júnior *et al.*, 1996; Silva Júnior, 1998; van den Berg e Oliveira Filho, 1999; van den Berg e Santos, 2003;). Esses estudos, em geral, buscam determinar quais são os habitats preferenciais das espécies arbóreas que ocorrem nas Matas de Galeria, objetivando subsidiar com informações técnico-científicas a recomposição de áreas de matas degradadas.

Dentre os fatores que influenciam na distribuição de espécies em Matas de Galeria, a topografia, o tipo de solo, o regime hídrico do solo, a disponibilidade de nutrientes no solo, a luminosidade, o histórico da área e a temperatura têm se mostrado os mais importantes (Oliveira-filho *et al.*, 1994; Silva Júnior *et al.*, 1996; Felfili, 1998). Alguns estudos (Felfili, 1993; 1995b; Silva Júnior, 1995; Walter, 1995), consideram as variações nos níveis de umidade e luz dentro das Matas de Galeria como os principais fatores determinantes da distribuição espacial das espécies, sob as mesmas condições de fertilidade do solo. Todavia, a topografia é considerada como fator mais importante na variação da estrutura de Matas de Galeria, pois esta influenciaria na profundidade, no teor de umidade e nas propriedades físicas

e químicas do solo, além do regime de inundação dessas matas (Bourgeron, 1983; Oliveira-Filho, 1994a; Silva Júnior *et al.*, 1996).

Além dos fatores anteriormente citados, outros fatores bióticos e abióticos também agem sobre a regeneração natural, causando pressão de seleção nos estágios iniciais de regeneração destas espécies e influenciam na distribuição de espécies arbóreas. A proximidade da borda com outras fitofisionomias (Murcia, 1995; Kellman *et al.*, 1998; Felfili, 2000a;), a disponibilidade de agentes dispersores (Pinheiro e Ribeiro, 2001) e ecologia das espécies (Oliveira-Filho, 1994), proximidade da árvore-mãe (Janzen, 1970; Whitmore, 1988) presença de herbívoros e patógenos (Bazzaz, 1991) e proximidade do leito do rio (Araújo *et al.*, 2004; Ribeiro e Schiavini, 1998), são outros fatores preponderantes no sucesso do estabelecimento dos indivíduos. O histórico de perturbação da área é ainda outro fator importante na compreensão da ocorrência e distribuição das espécies (Carvalho *et al.*, 2005).

Visando entender como estes fatores agem conjuntamente na distribuição espacial de espécies, o uso da análise multivariada tem se mostrado a mais indicada para estudos que visam compreender a correlação entre fatores ambientais e a vegetação (Kent e Coker, 1992). A Análise de Correspondência Canônica (CCA) consiste em uma das técnicas de análise multivariada (Jongman e Ter Braak, 1995) que busca identificar padrões de ocorrência de espécies relacionados com variações ambientais permitindo a ordenação concomitante de espécies, parcelas e variáveis ambientais, além de testar a significância entre as correlações, por meio do teste de Monte Carlo (Oliveira-Filho, 1994b).

Alguns estudos têm sido produzidos utilizando esta técnica para entender as correlações entre distribuição da regeneração natural de espécies arbóreas e fatores ambientais em Matas de Galeria do DF, no entanto, abordam mais as correlações em ambientes de matas perturbadas e sob influência do entorno urbano (Beltrão, 2003; Dietzsch, 2006). O presente estudo tem como objetivo investigar a correlação entre os fatores ambientais locais e a distribuição espacial das espécies regenerantes na Mata de Galeria do Pitoco, localizada na Reserva Ecológica do IBGE, Distrito Federal. Os fatores ambientais utilizados nas análises serão os mesmos investigados nos capítulos IV e V, bem como outros a serem incluídos nesse capítulo, através da avaliação concomitantemente das associações entre espécies da regeneração natural (mudas e arvoretas), parcelas e variáveis ambientais. Além da comparação

entre densidades de espécies nas diferentes comunidades identificadas na Mata de Galeria do Pitoco (úmida e seca), estabelecidas por Souza (2002).

Logo, deseja-se testar a hipótese de que a regeneração natural das espécies lenhosas também responde aos fatores ambientais locais, assim como as árvores já estabelecidas na mata. No entanto, o estágio de desenvolvimento da planta é que refletirá às respostas aos fatores ambientais, uma vez que após a dispersão das sementes os fatores ambientais que interagem com os propágulos passam a determinar o sucesso no desenvolvimento das espécies, na medida em que esta passa a requerer recursos do meio em que se encontra.

6.2. MATERIAL E MÉTODOS

6.2.1 – Descrição geral da área de estudo - ver Capítulo 3, item 3.1.

6.2.2 - Amostragem e caracterização do local do estudo - ver Capítulo 3, item 3.3.1.

6.2.3 – Utilização dos dados de Souza (2002) e Santiago *et al.* (2005) (Classificação florística e fitossociologia) - ver Capítulo 3, item 3.3.2.

6.2.4. Análise de agrupamento

Foi calculada a dissimilaridade entre espécies classificadas entre as dez mais importantes de mudas (56,9% do IVC) e dez mais importantes de arvoretas (47,4% do IVI) e suas respectivas densidades nas comunidades “úmida” e “seca”, bem como em outra análise, foi calculada a dissimilaridade para indivíduos adultos (ver item 6.2.3). A dissimilaridade foi calculada através da distância euclidiana quadrada, *DE* (Gauch, 1992; Kent e Coker, 1992) tendo como parâmetro de abundância a densidade das espécies em cada comunidade. As *DE*'s foram calculadas pela expressão:

$$DE_{ik} = \sqrt{\sum_{j=1}^m (X_{ji} - Y_{jk})^2},$$

onde:

DE_{ik} = distância euclidiana quadrática entre as comunidades i e k

m = número total de espécies

X_{ji} = densidade da j-ésima espécie na comunidade i

Y_{jk} = densidade da j-ésima espécie na comunidade k

As distâncias euclidianas entre as espécies foram utilizadas em uma análise de agrupamentos (cluster) com o objetivo de produzir um dendrograma de classificação hierárquica. O agrupamento foi feito pelo método das variâncias mínimas, ou de Ward (1963).

Também foi feita a análise comparativa das densidades em cada comunidade (“úmida” e “seca”) geradas para a classificação Twinspan (Souza, 2002) para mudas e arvoretas, com o propósito de compará-las com a ordenação CCA gerada para mudas e arvoretas.

6.2.5. Análise de Correspondência Canônica (CCA)

Os parâmetros dos solos, a luminosidade, e a cota altimétrica, foram analisados em conjunto com os dados da regeneração natural de espécies lenhosas nas categorias de mudas e arvoretas (densidade de espécies na parcela), através da Análise de Correspondência Canônica (“*Correspondence Canonical Analysis*” - CCA) (Ter Braak, 1988, citado por Oliveira-Filho, 1994a).

A análise foi realizada a partir de matrizes, contendo dados, por parcela de densidade das espécies para as categorias mudas (altura < 1 m) e arvoretas (altura > 1 m e diâmetro < 5 cm) e de variáveis ambientais. Foram eliminadas as espécies que apresentavam menos de 10 indivíduos em todo o espaço amostral, pois elas pouco ou nada contribuem para as análises, só aumentando o volume dos cálculos e resultados sem sentido (Causton, 1988; Espírito-santo *et al.*, 2002; Carvalho *et al.*, 2005, Pinto *et al.*, 2005). Também foram eliminadas da análise, as parcelas que não apresentaram nenhum indivíduo de mudas, na análise da categoria mudas, e de arvoretas, na análise da categoria arvoretas. As variáveis foram logaritimizadas e padronizadas conforme descrito no item 5.2.6.3.

Para realização da análise da CCA foi usado o programa Canoco (Ter Braak, 1999) for Windows, versão 4.02. Primeiramente, o programa foi rodado com todas as 17 variáveis físico-químicas dos solos, 2 variáveis ambientais quantitativas (1-cota altimétrica; 2-intensidade de abertura do dossel) e 2 qualitativas (nominais), sejam elas: 1-Borda cerrado (Figura 6.1), e Tipos de solo que ocorrem nas parcelas segundo levantamento realizado na Reserva Ecológica do IBGE (2005) (ver Figura 3.4).

Para a variável nominal “Borda cerrado” foram consideradas as parcelas adjacentes ao cerrado sentido restrito e ao córrego Pitoco respectivamente, adotando-se uma faixa de 20 metros a partir do limite superior (Borda cerrado) e inferior (Borda Pitoco) das parcelas (Figura 6.1). O efeito de borda no limite da mata com o cerrado foi considerado em uma extensão de 20 metros, visto que em alguns estudos realizados em Matas de Galeria do DF foram adotados de 10 (Felfili e Abreu, 1999) a 20 metros (Oliveira e Felfili, 2005). Outros autores relatam penetrações de efeitos como 15-25 m (Williams-Linera 1990), 7-12 m (MacDougall e Kellman 1992), 10-20 m. No caso da borda com o córrego, as parcelas consideradas estariam mais próximas ao lençol freático e sujeitas a condição de saturação hídrica.

Quanto à variável nominal “Tipo de solo”, foram utilizadas as informações constantes no mapa de solos do estudo denominado “Zoneamento Ambiental da Bacia do Córrego Taquara – DF” (IBGE, 2005). No local do bloco amostral “a” os solos são: Solo Orgânico (distrófico, H turfoso), Latossolo variação Una (distrófico, A moderado, textura muito argilosa), que na nova classificação da Embrapa (Prado, 2003) equivalem respectivamente a Organossolo (háptico fibrício típico) e Latossolo vermelho-amarelo (distrófico típico - LVAdf). No bloco amostral “b” os solos são: Orgânico (distrófico, H turfoso) e Latossolo vermelho-amarelo (distrófico A moderado, textura muito argilosa) que na nova classificação da Embrapa (1999) equivalem respectivamente a Organossolo (háptico fibrício típico) e Latossolo vermelho-amarelo (distrófico típico – LVAd). A disposição dos solos nas parcelas pode ser vista na Figura 6.2.

Para a variável nominal “Tipo de solo”, foi atribuído o valor “1”, para solo Orgânico, “2” para LVAdf e “3” para LVAd. Para a variável “Borda cerrado” foi atribuído o valor “1” para a borda com o córrego Pitoco, o valor “2” para parcelas intermediárias entre as bordas e o valor “3” para parcelas próximas a borda com o Cerrado sentido restrito. Foram analisadas informações tais como a contribuição de cada variável para a variação total dos eixos canônicos. Optou-se por eliminar variáveis com autovalor abaixo de 0,3 em relação aos dois primeiros eixos de ordenação, bem como aquelas que apresentaram valor de inflação da variância (VIF) acima de 20 (Espírito-santo, 2002; Oliveira-Filho, 1997), que pouco ou nada contribuem para a determinação de padrões.

Partindo-se dos dados iniciais, após as análises e eliminações de parcelas e variáveis ambientais inexpressivas para as variações, a categoria mudas gerou uma matriz de 27 espécies \times 10 variáveis \times 98 parcelas, e para a categoria arvoretas uma matriz de 59 espécies \times 9 variáveis \times 100 parcelas.

Foram elaborados dois gráficos (“biplots”) para cada categoria estudada (mudas; arvoretas), o primeiro com ordenações de espécies em relação as variáveis do solo e variáveis ambientais, e o segundo, com ordenações de parcelas em relação, às variáveis do solo, ambientais e espécies. A distribuição das espécies e parcelas é representada por pontos, enquanto que as variáveis ambientais são representadas por setas indicando a direção do seu gradiente máximo, sendo o comprimento da seta proporcional à correlação da variável com os eixos. A proximidade entre as setas, as espécies e as parcelas, evidenciam as associações entre a regeneração natural e os fatores ambientais.

Foi aplicado o teste de permutação de Monte Carlo a 0,01%, para verificar a significância das correlações entre os padrões emergentes das espécies e variáveis ambientais na CCA final, para muda e arvoretas.

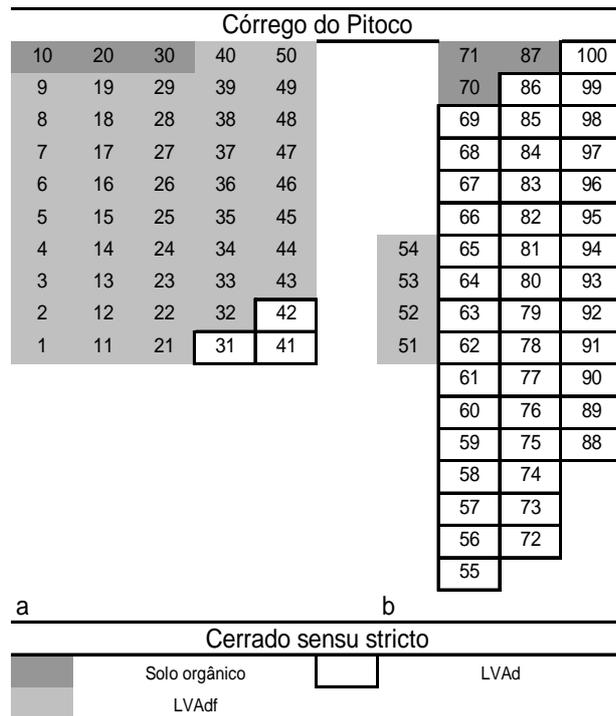


Figura 6.2 – Tipos de solo ocorrentes nos blocos amostrais “a” e “b” na Mata de Galeria do Pitoco, segundo levantamento efetuado no estudo Zoneamento Ambiental da Bacia do Córrego Taquara, DF (Fonte: IBGE, 2005).

6.3. RESULTADOS

6.3.1. Categoria mudas

Os resultados da CCA para a categoria mudas podem ser vistos nos diagramas de ordenação de espécies (Figura 6.3) e de parcelas em relação a fatores ambientais (Figura 6.4), além da matriz de correlações (Tabela 6.1). Os autovalores ('*eigenvalues*') dos dois primeiros eixos de ordenação foram 0,28 e 0,19, indicando que estes gradientes são curtos (< 5 ; ter Braak, 1995), ou seja, muitas espécies ocorrem ao longo do gradiente, e apresentam abundâncias com valores próximos em diferentes sítios da mata. Isto se reflete nas baixas porcentagens da variância da abundância explicadas pelos eixos, que são 4,6% e 7,6% para os eixos I e II, respectivamente. A soma de todos os autovalores canônicos foi de 0,95. No entanto, baixas porcentagens de variância dos eixos são normais em dados de vegetação, e não prejudicam a significâncias das relações entre espécies e fatores ambientais (ter, Braak, 1988). Seria esperado para o estágio muda que as variâncias fossem realmente menores do que em indivíduos adultos, como anotado por Pinto *et al.* (2005) em razão de que diversos indivíduos podem não se adaptar aos sítios em que germinaram e não passarão ao estágio posterior arvoretas. Por outro lado as correlações entre espécies e fatores ambientais podem ser consideradas altas (autovalores - eixo I = 0,77, eixo II = 0,71; % cumulativa de variação – eixo I = 30,3, eixo II = 50,4). Além disso, o teste de permutação de Monte Carlo demonstra que a abundância das espécies e os fatores ambientais estão significativamente correlacionados ($F = 1,55, p < 0,01$).

O eixo I apresentou correlações positivas para as variáveis (ordem decrescente): “Borda cerrado” (Borda C.s.s. = distância horizontal) > Mn > Mg > Cota (distância vertical) > pH > Ca > Areia Grossa, e as negativas, para Al > Fe > S. (Figura 6.3). As maiores correlações positivas (> 0,7) entre as variáveis foram entre Ca × Mg (0,88) > pH × Mn (0,83) > Mn × Mg (0,71) > pH × Mg (0,70), demonstrando que estes gradientes, como estão próximos, tem uma maior chance de se corresponderem com uma determinada comunidade florística (Tabela 6.1). Os gradientes de Ca e Mg não se mostraram longos quanto os do pH e Mn, ou seja, estas últimas variáveis tiveram maior amplitude de variação. Na ordenação CCA, os gradientes das variáveis que mais estão próximas de Ca, Mg, pH e Mn são a Borda C.s.s e a Areia Grossa, mostrando que a distância horizontal do córrego pode estar influenciando em

parte das maiores concentrações de Ca, Mg, Mn e pH bem como de solos com texturas menos argilosas e com maiores quantidades de Areia Grossa. O Al apresenta correlação mediana com o Fe (0,59) e baixa com o enxofre (0,38). No entanto o Al apresenta as maiores correlações negativas entre Al × Ca (-0,83), Al × pH (-0,81), Al × Mg (-0,77) e Al e Mn (-0,70), o que reforça a tese do gradiente de acidez e fertilidade ao longo do gradiente topográfico (Tabela 6.1).

O eixo II mostrou correlações menores em relação ao gradiente de acidez e fertilidade representado pelo eixo I, no entanto, mostrou correlação mais expressiva (e negativa) com a Cota (distância vertical), sendo a única variável deste eixo que apresentou correlações acima de 0,5 (tabela 6.1). A ordenação de espécies do diagrama CCA (Figura 6.3), indica as correlações com os fatores ambientais e conseqüentemente sugere suas preferências por ao menos 2 habitats definidos pela fertilidade do solo, topografia e textura e proximidade de bordas (córrego e cerrado sentido restrito), os quais seriam a “comunidade úmida” e “seca” levantadas por Souza (2002).

As espécies que mostraram maior correlação com fatores ambientais atribuídos a “comunidade úmida” (valores entre parênteses indicam as 10 espécies mais importantes em relação ao IVC – Tabela 3.1), e que apresentaram maior abundância no trecho da mata próximo as margens do córrego Pitoco, foram: *Symplocos mosenii* (1^a), *Inga alba* (2^a), *Maprounea guianensis* (8^a), *Tapirira guianensis*, *Pseudomeldia laevigata*, *Licania apelata* e *Gomidesia lineliana*. Para a porção da mata próxima a borda com o cerrado sentido restrito, as espécies que mostram maiores correlações com fatores ambientais que foram atribuídos à “comunidade seca”, foram: *Tapura amazônica*, *Cupania Vernalis*; *Vitex polygama* (10^o); *Myrcia rostrata* (4^a), *Alibertia edulis*, *Guateria selowiana*, *Vismia guianensis*, *Pera glabrata* (9^a), *Mataiba Guianensis* e *Aspidosperma spruceanum*. Como espécies indefinidas que não estão fortemente correlacionadas a algum gradiente, têm-se: *Copaifera langsdorfii* (5^a); *Xylopia sericia* (6^a); *Cardiopelatum callophyllum* (7^a); *Cheilochlinium cognatum*, *Ixora warming*, *Alibertia macrophylla* (3^a) e *Xylopia emarginata* (Figura 6.3).

Pode-se inferir que a classificação florística responsável pela diferenciação das comunidades de plantas, está apresentando correspondência com os fatores ambientais preferenciais de cada comunidade, porém com muito “barulho”, visto que ocorrem muitas

parcelas da “comunidade úmida” em locais de gradientes típicos da “comunidade seca” e vice versa (Figura 6.4). A classificação Twinspan, que dividiu as espécies em duas comunidades florísticas para a categoria mudas, só levou em consideração as abundâncias relativas e associações entre espécies ao longo das parcelas. Muitas espécies neste estágio, mesmo consideradas preferenciais por ambientes úmidos, por exemplo, podem ocorrer em locais tipicamente secos.

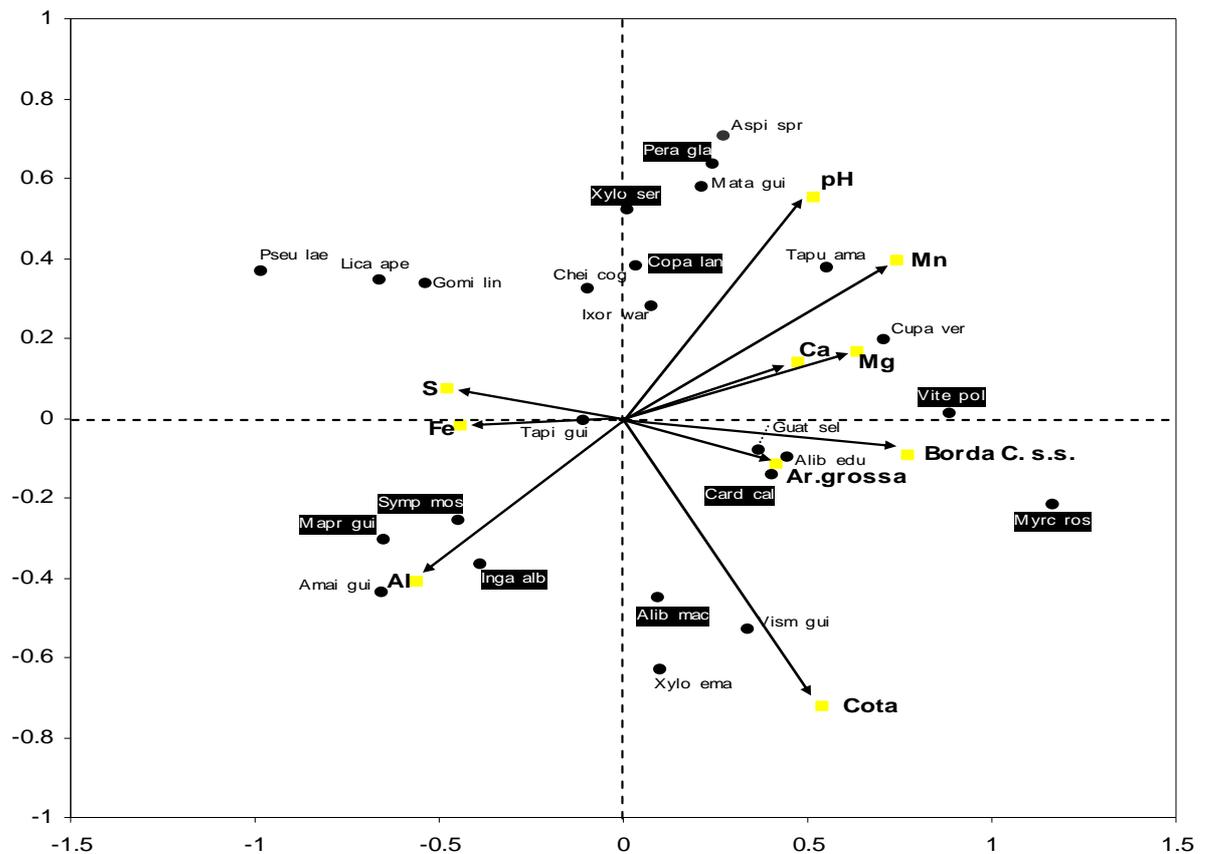


Figura 6.3 – Diagrama de ordenação produzido pela Análise de Correspondência Canônica (CCA) para os 27 espécies mais abundantes da categoria mudas ($N \geq 10$) amostrados em 100 sub-parcelas ($2\text{ m} \times 2\text{ m} \times 100 = 400\text{ m}^2$) na Mata de Galeria do Pitoco (Fonte: Souza, 2002) e suas correlações com as variáveis ambientais. As setas representam direção e magnitude dos valores da variável. A variável “Borda cerrado” (Borda C.s.s)” também pode ser entendida como distância horizontal do curso d’água e a variável Cota, distância vertical do curso d’água. O nome das espécies está abreviado, ex: Alib edu = *Alibertia edulis*. Entre parenteses está a posição hierárquica da espécie em relação a ordem decrescente do IVC, segundo Souza (2002).

- | | | |
|--|--|---|
| 1 <i>Alibertia edullis</i> | 10 <i>Guatteria selowiana</i> | 19 <i>Protium almacega</i> |
| 2 <i>Alibertia macrophylla</i> (3 ^a) | 11 <i>Inga alba</i> (2 ^a) | 20 <i>Pseudolmedia laevigata</i> |
| 3 <i>Amaioua guianensis</i> | 12 <i>Ixora warmingii</i> | 21 <i>Symplocos mosenii</i> (1 ^a) |
| 4 <i>Aspidosperma spruceanum</i> | 13 <i>Licania apetala</i> | 22 <i>Tapirira guianensis</i> |
| 5 <i>Cardiopetalum calophyllum</i> (7 ^a) | 14 <i>Maprounea guianensis</i> (8 ^a) | 23 <i>Tapura amazonica</i> |
| 6 <i>Cheiloclinium cognatum</i> | 15 <i>Matayba guianensis</i> | 24 <i>Vismia guianensis</i> |
| 7 <i>Copaifera langsdorffii</i> (5 ^a) | 16 <i>Myrcia rostrata</i> (4 ^a) | 25 <i>Vitex polygama</i> (10 ^a) |
| 8 <i>Cupanea vernallis</i> | 17 <i>Ocotea spixiana</i> | 26 <i>Xylopia emarginata</i> |
| 9 <i>Gomidesia lindeliana</i> | 18 <i>Pera glabrata</i> (9 ^a) | 27 <i>Xylopia sericea</i> (6 ^a) |

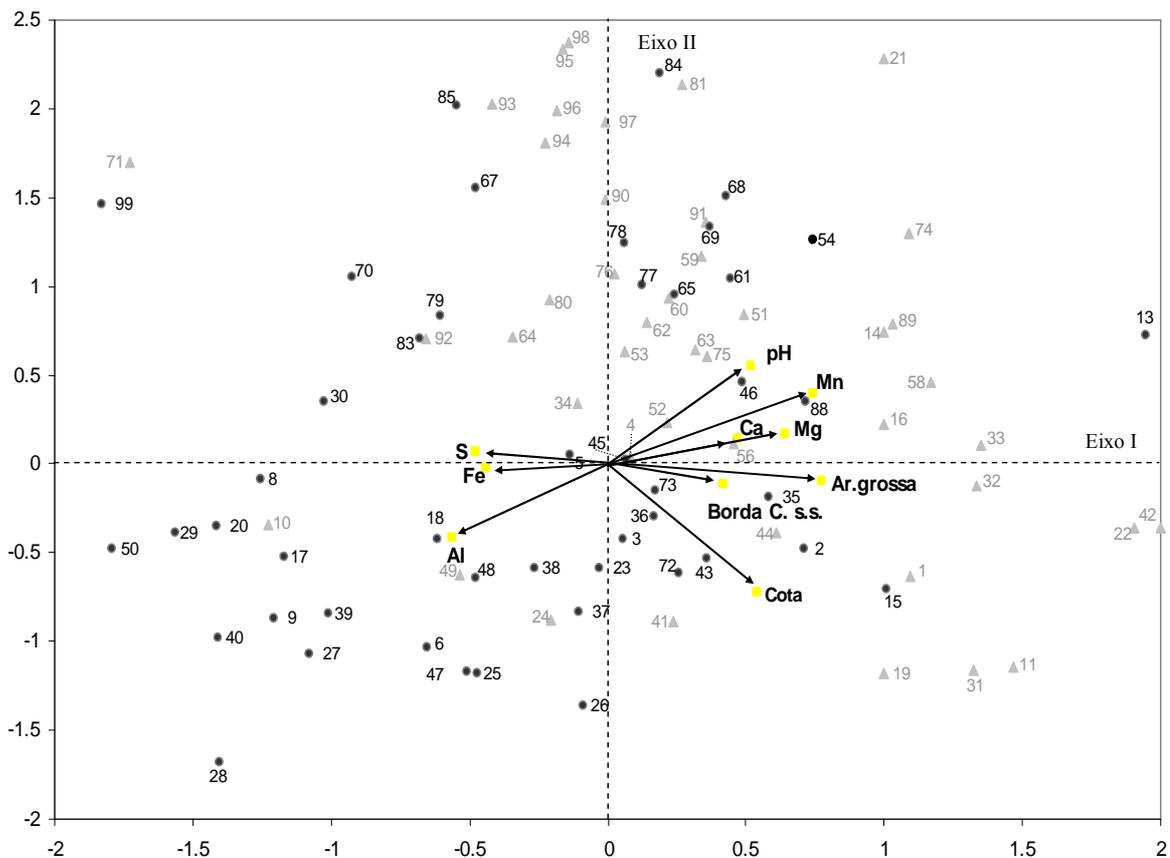


Figura 6.4 - Diagrama de ordenação produzido pela Análise de Correspondência Canônica (CCA) para 98 parcelas com indivíduos da categoria mudas ($N \geq 1$ em cada parcela) amostrados em 100 sub-parcelas ($2\text{ m} \times 2\text{ m} \times 100 = 400\text{ m}^2$) na Mata de Galeria do Pitoco e suas correlações com as variáveis ambientais. As setas representam direção e magnitude dos valores da variável. A variável “Borda cerrado” (Borda C.s.s) também pode ser entendida como distância horizontal do curso d’água e a variável Cota, como distância vertical do curso d’água. As parcelas representadas pelo triângulo na cor cinza, referem-se à “comunidade seca”, e aquelas representadas pelo círculo na cor escura, referem-se à “comunidade úmida” resultantes da análise Twinspan (Souza, 2002).

Tabela 6.1 - Matriz de correlações da CCA para categoria mudas, entre variáveis ambientais e eixos I e II de ordenação e entre as variáveis ambientais. Correlações > 0,5 estão em negrito.

Variáveis ambientais	Eixo I	Eixo II	Mn	S	pH	Al	Mg	Ca	Fe	Ar. Grossa	Cota
Eixo I	1,00										
Eixo II	0,02	1,00									
Mn	0,58	0,28	1,00								
S	-0,37	0,05	-0,19	1,00							
pH	0,41	0,39	0,83	-0,22	1,00						
Al	-0,44	-0,30	-0,70	0,38	-0,81	1,00					
Mg	0,50	0,12	0,71	-0,11	0,70	-0,77	1,00				
Ca	0,37	0,10	0,65	-0,09	0,69	-0,83	0,88	1,00			
Fe	-0,34	-0,01	-0,47	0,19	-0,47	0,59	-0,60	-0,67	1,00		
Ar. Grossa	0,32	-0,08	0,24	0,23	0,04	0,08	0,32	0,26	-0,36	1,00	
Cota	0,42	-0,52	0,13	-0,26	-0,01	0,04	0,15	0,05	-0,22	0,31	1,00
Borda C.s.s.	0,60	-0,07	0,67	-0,08	0,55	-0,53	0,69	0,62	-0,37	0,32	0,50

6.3.2. Categoria arvoretas

Os resultados da CCA para a categoria arvoretas, podem ser vistos nos diagramas de ordenação de espécies (Figura 6.5) e de parcelas em relação a fatores ambientais (Figura 6.6), além da matriz de correlações (Tabela 6.2). Os autovalores (*'eigenvalues'*) dos dois primeiros eixos de ordenação foram 0,34 e 0,17, indicando que estes gradientes são curtos (< 5; ter Braak, 1995), no entanto sendo pouco maiores que o de mudas. Isto se reflete nas baixas porcentagens da variância cumulativa da abundância das espécies, 5,4% e 8,2% para os eixos I e II, respectivamente. A soma de todos os autovalores canônicos foi de 0,99. No estágio arvoretas, que é posterior ao estágio mudas, podem-se esperar variâncias não explicadas menores que no estágio mudas e pouco maiores que em indivíduos adultos, como anotado por Pinto *et al.* (2005), para adultos. Por outro lado, as correlações e variâncias entre espécies e fatores ambientais podem ser consideradas satisfatórias (autovalores - eixo I = 0,88, eixo II = 0,67; % cumulativa de variação – eixo I = 34,7, eixo II = 52,0), sendo pouco maiores que mudas. Além disso, o teste de permutação de Monte Carlo demonstra que a abundância das espécies e os fatores ambientais estão significativamente correlacionados ($F = 1,86$, $p < 0,01$).

O eixo I mostrou as mais fortes correlações positivas, em ordem decrescente para as variáveis: Ca > pH > Mg > Mn > Borda C.s.s (distância horizontal) > Tipo de Solo > K

e, e as negativas, para Al > Fe. As maiores correlações positivas (> 0,7) entre as variáveis foram entre Ca × Mg (0,89) > pH × Mn (0,84) > Mn × Mg (0,72) > pH × Mg (0,72) (Tabela 6.2). Estas variáveis que mostraram correlações altas entre si, estão correlacionadas positivamente com o eixo I de ordenação, bem como a maior parte das parcelas da “comunidade seca”, indicando que estes gradientes estão correlacionados à esta comunidade florística (Figura 6.6). As variáveis Ca, pH, Mg, Mn mostraram fortes correlações positivas com o eixo I e gradientes equivalentes em tamanho, porém, com direções mais próximas entre Ca e Mg e entre Mn e pH, podendo significar que na mesma comunidade ocorrem diferenças entre sítios. A variável “Borda cerrado” tem um gradiente um pouco menor que as citadas anteriormente e se aproxima de Mn, evidenciando que a distância horizontal do córrego está influenciando parte das maiores concentrações destas variáveis. A variável K está no mesmo sentido que “Borda cerrado”, mas apresenta um gradiente curto. A variável “Tipo de solo” tem um gradiente mediano estando menos correlacionada com as variáveis citadas. O Al, Fe e S são as variáveis que se correlacionaram negativamente com o eixo I, sendo que o Al é a que apresenta a mais alta correlação com o eixo, apresentando o maior gradiente de variação (Figura 6.2). O Al apresenta correlação de 0,66 com o Fe, significando que em muitas parcelas o Al varia junto ao Fe. O Al apresenta as maiores correlações negativas entre Al × pH (-0,83); Al × Ca (-0,81), Al × Mg (-0,77) e Al e Mn (-0,73) (Tabela 6.2).

O eixo II mostrou correlações fracas (< 0,3) fazendo com que as interpretações do eixo I sejam as principais a serem observadas para estabelecimento de padrões.

Comparativamente a categoria arvoretas apresentou os maiores autovalores (‘eigenvalues’), a maior explicação das correlações entre fatores ambientais e espécies, as maiores correlações entre variáveis e eixos de ordenação, bem como maiores correlações entre variáveis que representam os fatores ambientais, em relação à categoria mudas. As variáveis S e Areia Grossa, no componente mudas, deram lugar as variáveis K e Tipo de Solo na categoria arvoretas, no entanto todas estas citadas para os dois componentes não apresentaram correlações expressivas com os eixos de ordenação, tampouco com outras variáveis mensuradas, demonstrando que suas variações não explicam bem a variação da abundância das espécies. Também é possível afirmar em comparação com a categoria mudas, que a distribuição das comunidades na categoria arvoretas foi correspondida pela polarização do gradiente de fertilidade e da proximidade da bordas (cerrado sentido restrito e córrego Pitoco). Como pode ser observado na

Figura 6.6, a distribuição de parcelas da “comunidade úmida” formou um grupamento distinto do grupamento da “comunidade seca”, estando mais próximo do gradiente das variáveis Al e Fe, bem como em sentido contrário em relação ao vetor do gradiente Borda C.s.s., o que significa que esta comunidade se encontra mais próxima ao córrego Pitoco, como também ficou comprovado no capítulo V.

Em comparação com a ordenação realizada para árvores (Silva Júnior, 1995; Silva Júnior *et al.*, 1996), os autovalores (‘*eigenvalues*’) para os dois primeiros eixos de ordenação (0,47 e 0,178), a percentagem da variância cumulativa das espécies (10,8% e 14,8%), e soma de todos os autovalores canônicos (1,40) foram maiores que os registrados para a categoria arvoretas. Assim como a categoria arvoretas apresentou valores maiores do que os obtidos para a categoria mudas. A percentagem de variação cumulativa entre espécies e fatores ambientais (33,6% e 51%) apresentou valores próximos às categorias mudas e arvoretas.

As espécies que mostraram maior correlação com fatores ambientais atribuídos a “comunidade úmida”, e que apresentaram maior abundância no trecho da mata próximo as margens do córrego Pitoco, foram: *Tapirira guianensis*, *Gomidesia lindeliana*, *Licania apetala*, *Sorocea guilleminiana*, *Siphoneugena densiflora*, *Criptocaria aschernosiana*, *Miconia affinis*, *Siparuna guianensis* (1ª), *Inga alba* (8ª), *Pseudolmedia laevigata* (10ª), *Hirtela glandulosa*, *Vismia guianensis*. Para a porção da mata próxima a borda com o cerrado sentido restrito, as espécies que mostram maiores correlações com fatores ambientais que foram atribuídos à “comunidade seca”, foram: *Alibertia edulis*, *Alibertia macrophylla*, *Aspidosperma spruceanum*, *Amaioua guianensis*, *Byrsonima laxiflora*, *Callistene major*, *Cardiopetalum callophyllum*, *Casearia sylvestris*, *Casearia grandis*, *Copaifera langsdorffii* (7ª), *Cordia sellowiana*, *Cupania vernalis* (4ª), *Diospyros hispida*, *Faramea cyanea*, *Maprounea guianensis*, *Myrcia tomentosa*, *Myrcia rostrata* (6ª), *Platipodium elegans*, *Pera glabrata*, *Bauhinia rufa*, *Guapira noxia*, *Cousarea hydrangeifolia*, *Symplocos nitens*, *Xylopia sericia*, *Ocotea aciphylla*, *Myrsine umbellata*, *Ocotea spixiana*, *Matayba guianensis* (2ª), *Terminalia glabrenses*, Como espécies indefinidas que possivelmente apresentaram densidades semelhantes em parcelas da “comunidade úmida” e “comunidade seca”, e que não estão ligadas de forma expressiva a algum gradiente, têm-se: *Sclerolobium paniculatum*, *Piptocarpa macropoda*, *Emmotum nitens*, *Melastomataceae* 1, *Symplocos mosenii* (3ª), *Virola sebifera*, *Hirtela glandulosa*, *Cheiloclinium cognatum* (5ª), *Tapura amazonica* (9ª) *Miconia chartaceae*, *Roupala brasiliensis*, *Gutteria selowiana*, *Vitex polygama*, *Ixora warming* (Figura 6.5).

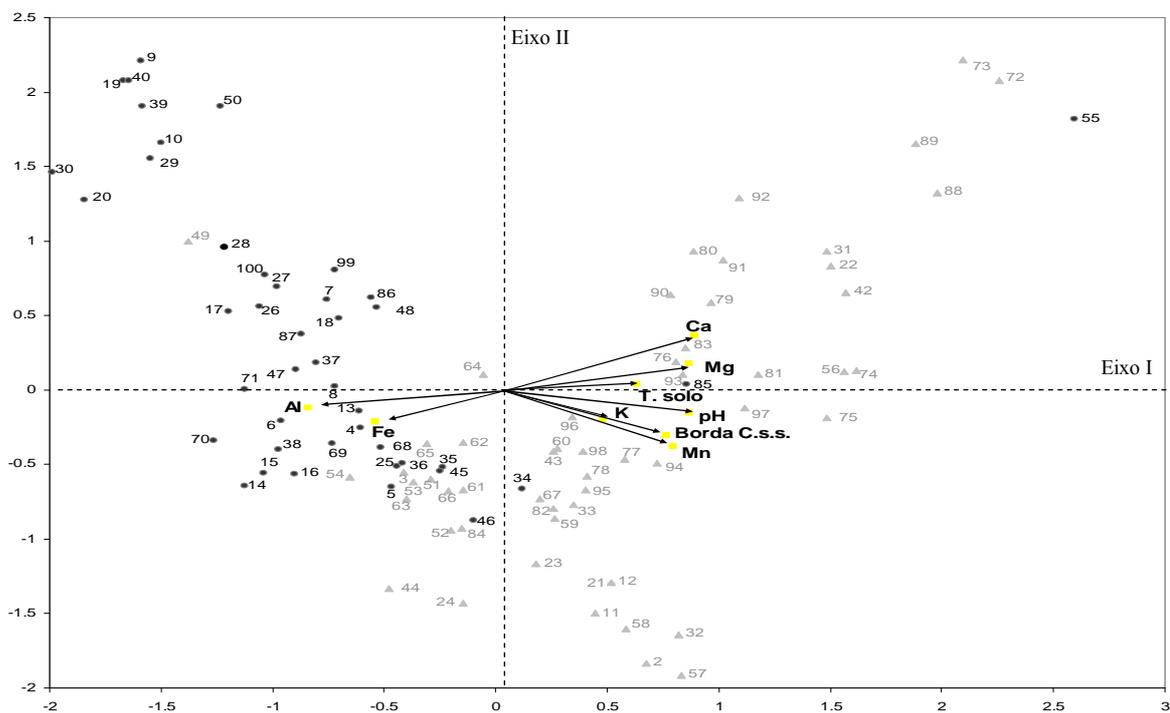


Figura 6.6 – Diagrama de ordenação produzido pela Análise de Correspondência Canônica (CCA) para 100 parcelas com indivíduos da categoria arvoretas ($N \geq 1$ em cada parcela) amostrados em 100 sub-parcelas ($5 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 100 = 2500 \text{ m}^2$) na Mata de Galeria do Pitoco e suas correlações com as variáveis ambientais. As setas representam direção e magnetude dos valores da variável. A variável “Borda cerrado” (Borda C.s.s.) também pode ser entendida com distância horizontal do curso d’água e a variável T.solo (“Tipo de Solo”), que tem valor mínimo no solo Orgânico, valor intermediário no LVAdf e valor máximo para o LVAd. As parcelas representadas pelo triângulo na cor cinza, referem-se à “comunidade seca”, e aquelas representadas pelo círculo na cor escura, referem-se à “comunidade úmida” resultantes da análise TWINSpan (Adaptado de Souza, 2002).

Tabela 6.2 – Matriz de correlações da CCA para categoria arvoretas, entre variáveis ambientais e eixos I e II de ordenação e entre as variáveis ambientais. Correlações > 0,5 estão em negrito.

Variáveis ambientais	Eixo I	Eixo II	Mn	pH	Al	Mg	K	Ca	Fe	Borda C.
Eixo I	1,00									
Eixo II	-0,05	1,00								
Mn	0,70	-0,26	1,00							
pH	0,77	-0,10	0,84	1,00						
Al	-0,74	-0,08	-0,73	-0,83	1,00					
Mg	0,76	0,12	0,72	0,72	-0,77	1,00				
K	0,43	-0,14	0,53	0,47	-0,23	0,45	1,00			
Ca	0,79	0,25	0,65	0,71	-0,81	0,89	0,38	1,00		
Fe	-0,47	-0,14	-0,52	-0,56	0,66	-0,64	0,03	-0,65	1,00	
Borda C.	0,67	-0,21	0,59	0,53	-0,54	0,63	0,32	0,57	-0,47	1,00
Tipo deSolo	0,56	0,02	0,58	0,57	-0,60	0,46	0,28	0,49	-0,28	0,37

6.3.3. Habitat preferencial das espécies

Para estabelecimento de comparações entre os diferentes estágios de desenvolvimento das espécies, a classificação TWINSpan para indivíduos adultos (DAP \geq 5 cm) realizada por Silva Júnior (1995) e Silva Júnior *et al.* (1996), possibilitou a identificação de três comunidades florísticas na Mata de Galeria do Pitoco, sejam elas a “comunidade úmida” – próxima ao córrego do Pitoco, a “comunidade seca” – próxima a borda com o cerrado sentido restrito e a “comunidade intermediária”, que se localiza entre as duas comunidades anteriores. No caso, a “comunidade intermediária” estabelecida por Silva Júnior (1995) e Silva Júnior *et al.* (1996) tem correspondência com parcelas ocupadas pelas comunidades “úmida” e “seca”, anotadas por Souza (2002) para os estágios mudas e arvoretas.

Na Tabela 6.3 pode-se observar informações das preferências das espécies, por certos habitats, nos diferentes estágios de desenvolvimento, comparando-se as informações dadas pela ordenação florística (TWINSpan), ordenação florística em relação a fatores ambientais (CCA – mudas e arvoretas; DCCA - adultas), densidades nos diferentes estágios de desenvolvimento, bem como a razão com que as espécies se distribuem entre as comunidades florísticas (Silva Júnior, 1995; Silva Júnior *et al.*, 1996; Souza, 2002).

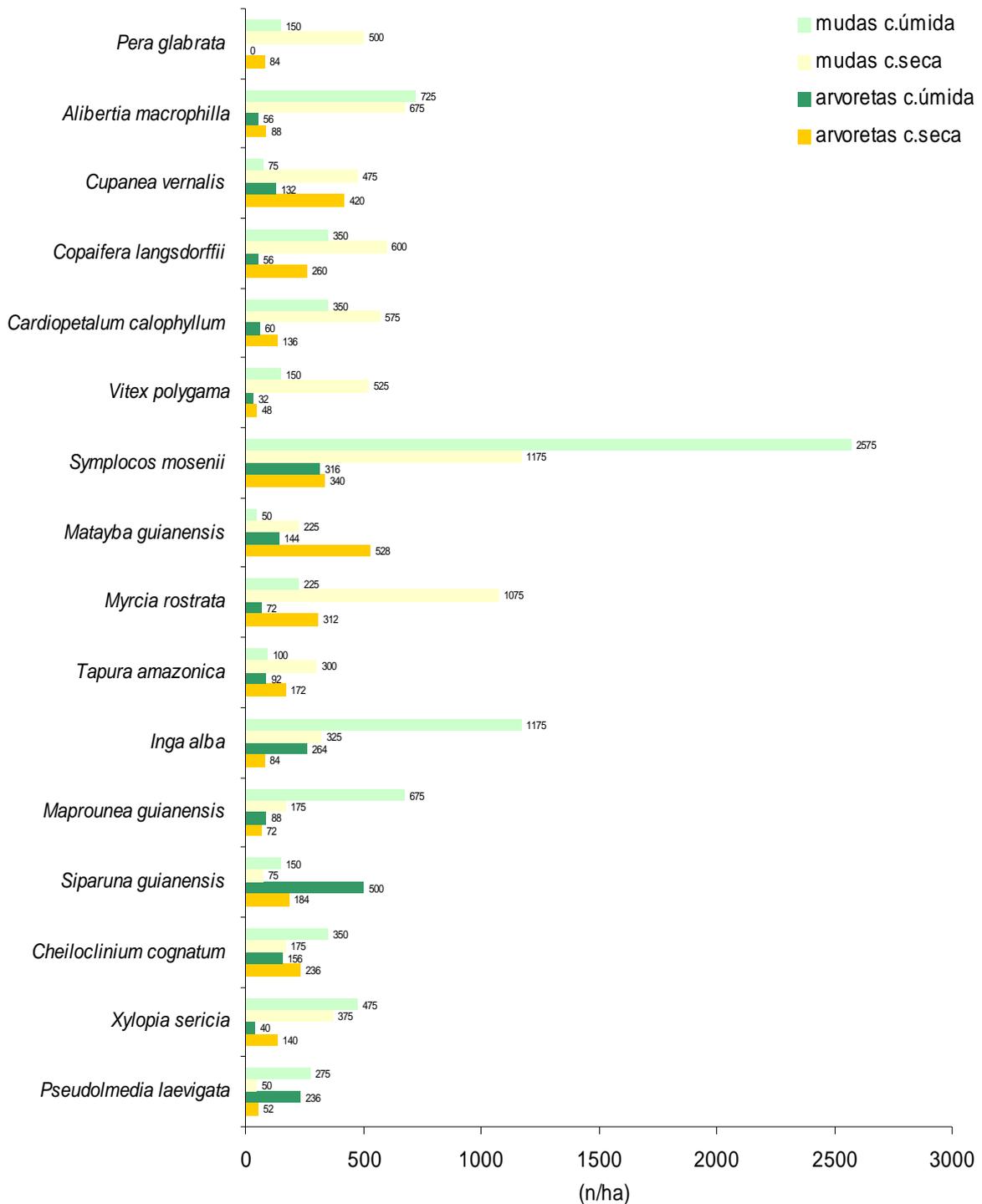


Figura 6.7 – Densidade das dez espécies com maiores IVI e IVC, para arvoretas e mudas respectivamente, nas “comunidades úmida” e “comunidade seca” levantadas por Souza (2002). A informação da densidade por comunidade foi relativa à classificação TWINSPLAN realizada para a categoria arvoretas (Fonte: Adaptado de Souza, 2002).

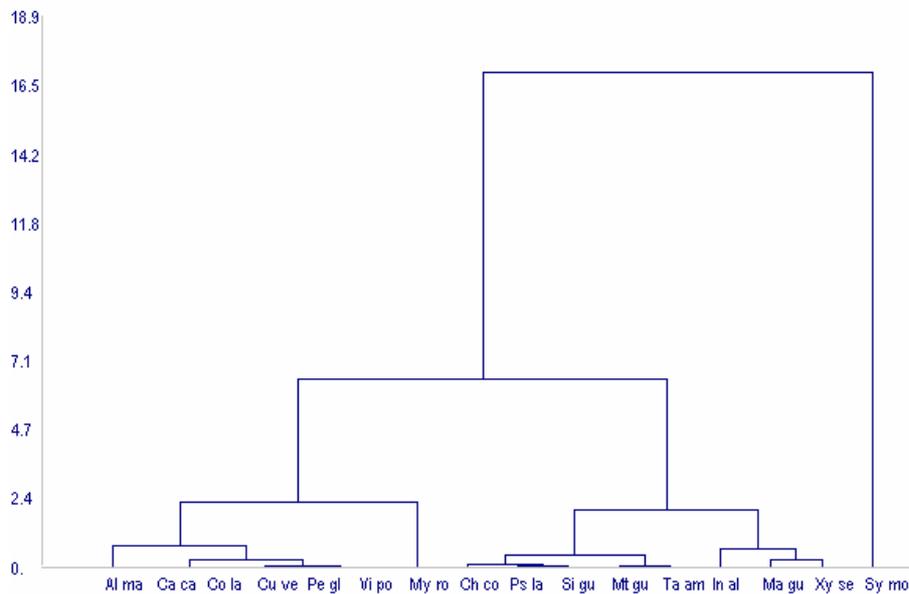


Figura 6.8 - Dendrograma obtido pelo método da variância mínima (método de Ward) e usando a distância euclidiana quadrada (D.E.Q.) como medida de dissimilaridade o número de indivíduos das espécies na “comunidade úmida” e “comunidade seca” para a categoria mudas (altura < 1m), com base nas 16 espécies mais importantes (10 >’s IVC – mudas; e 10 >’s IVI – arvoretas) (Adaptado de Souza, 2002).

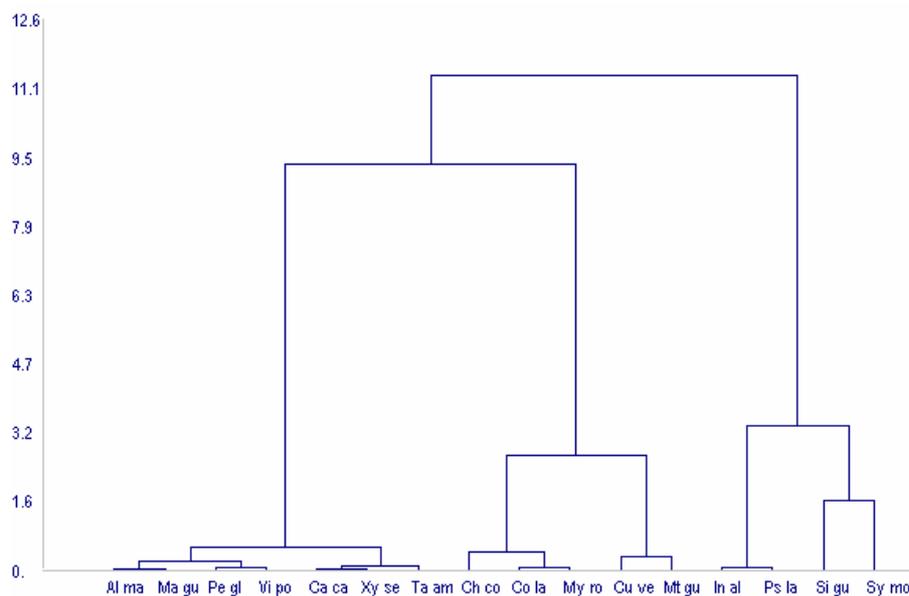


Figura 6.9 - Dendrograma obtido pelo método da variância mínima (método de Ward) e usando a distância euclidiana quadrada (D.E.Q.) como medida de dissimilaridade o número de indivíduos das espécies na “comunidade úmida” e “comunidade seca” para a categoria arvoretas (altura > 1 m e DAP < 5 cm), com base nas 16 espécies mais importantes (10 >’s IVC – mudas; e 10 >’s IVI – arvoretas) (Adaptado de Souza, 2002).

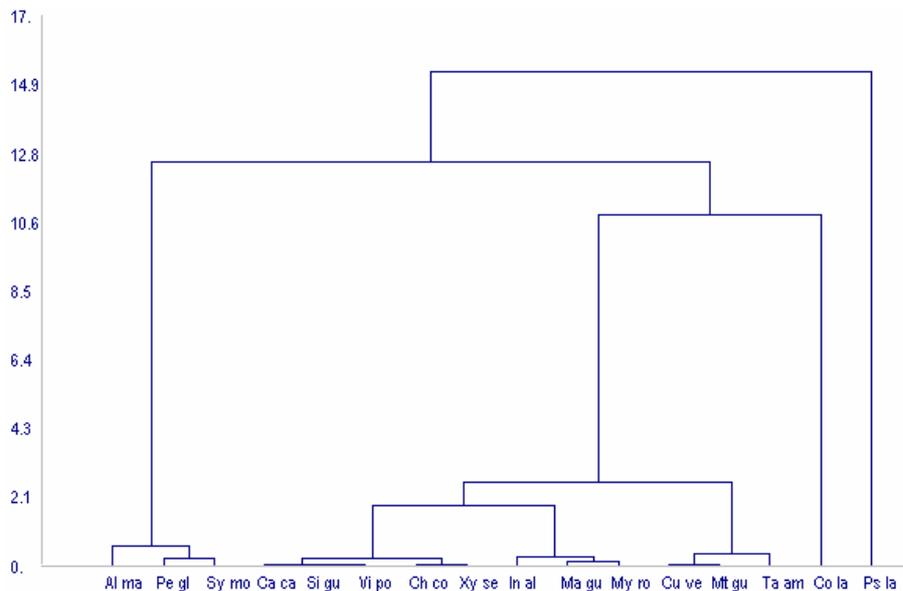


Figura 6.10 - Dendrograma obtido pelo método da variância mínima (método de Ward) e usando a distância euclidiana quadrada (D.E.Q.) como medida de dissimilaridade o número de indivíduos das espécies na “comunidade úmida”, “comunidade intermediária” e “comunidade seca” para a categoria árvores, com base nas 16 espécies mais importantes (10 >’s IVC – mudas; e 10 >’s IVI – arvoretas) (Adaptado de Silva Júnior, 1995).

As preferências das espécies se confirmaram nas maiores densidades de indivíduos em certa comunidade florística, em detrimento da outra (Figura 6.7). A análise de agrupamento mostra as similaridades das abundâncias das espécies na categoria mudas (Figura 6.8), arvoretas (Figura 6.9) e árvores (Figura 6.10), nas comunidades florísticas em que foram classificadas. No agrupamento da categoria mudas as espécies parecem se dividir em dois grupos que estaria ligados à fatores ambientais da “comunidade seca” e da “comunidade úmida”, com exceção de *Symplocos mosenii*. Para os indivíduos agrupados na categoria arvoretas, os grupos parecem ser pouco mais dissimilares que o agrupamento para mudas e estaria formando ao menos três grupamentos distintos. O mesmo comportamento se observa para o agrupamento das adultas em relação ao agrupamento das arvoretas, com dissimilaridades maiores e ao menos 5 grupamentos distintos. Como destaques de espécies que apresentam maiores similaridades entre si e estariam respondendo a fatores ambientais de forma semelhante, nos diferentes estágios de desenvolvimento, pode-se visualizar (Figuras 6.8, 6.9, 6.10 e Tabela 6.3): *Alibertia macrophylla* e *Pera glabrata* – ambientes mais secos; *Siparuna guianensis* e *Inga alba* – ambientes intermediários a úmidos; e, *Xylopia sericea* e *Maprounea guianensis* – ambientes úmidos a intermediários .

Tabela 6.3 – Características das 10 espécies mais importantes entre mudas (< IVC) e arvoretas (< IVI), de acordo com Souza (2002), em ordem crescente de preferência por ambientes úmidos na categoria adultas. As comunidades estão classificadas através do método TWINSPAN (Souza, 2002; Silva Júnior, 1995) e as comunidades em que as espécies se encontram conforme interpretação da ordenação CCA/DCCA para as diferentes categorias de estabelecimento. Razão de densidades entre “comunidade seca” e “comunidade úmida” para mudas e arvoretas (Fonte: Souza, 2002) e árvores (Fonte: Silva Júnior, 1995).

Espécies	MUDAS (altura < 1 m)				ARVORETAS (altura > 1 m DAP < 5 cm)				ADULTAS (DAP ≥ 5 cm) Silva Júnior (1995)			
	n ha	TWINS- SPAN (Souza, 2002)	CCA (gráfico de ordenação)	Razão entre comuni- dades**	n ha	TWINS- SPAN N (Souza, 2002)	CCA (gráfico de ordenação)	Razão entre comuni- dades**	n ha	TWINS- SPAN N	DCCA (gráfico de ordenação)	Razão entre comunidades**
1. <i>Pera glabrata</i> (Schortt.) Baill.	650	__*	S	1:0,3 (S)	84	S	S	84:0 (S)	31	S	S	68:0:0 (S)
2. <i>Alibertia macropylla</i> K. Schum.	1400	U	I	1:0,9 (U)	144	I	S	1:0,6 (S)	16	__*	__*	41:0:0 (S)
3. <i>Cupanea vernalis</i> Camb.	650	S	S	1:0,2 (S)	556	S	S	1:0,3 (S)	20	I	I	1:0,7 (INT:S)
4. <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	975	S	I	1:0,6 (S)	316	S	S	1:0,2 (S)	55	INT	I	1:0,1 (INT:S)
5. <i>Cardiopetalum calophyllum</i> Schlecht.	925	I	I	1:0,6 (S)	196	I	S	1:0,4 (S)	4	__*	__*	24:0:0 (INT)
6. <i>Vitex polygama</i> Cham.	675	S	S	1:0,3 (S)	84	__*	I	1:0,7 (S)	2	__*	__*	12:0:0 (INT)
7. <i>Symplocos mosenii</i> Brand.	3750	U	U	1:0,5 (U)	656	I	I	1:0,9 (S)	39	I	I	1:0,4 (S:U)
8. <i>Matayba guianensis</i> Aubl.	275	__*	S	1:0,2 (S)	704	S	S	1:0,3 (S)	28	INT	I	1:0,6:0,1 (INT:S:U)
9. <i>Myrcia rostrata</i> DC.	1300	S	S	1:0,2 (S)	384	S	S	1:0,2 (S)	30	I	I	1:0,3:0,1 (INT:U:S)
10. <i>Tapura amazonica</i> Poepp. e Endl.	400	__*	S	1:0,3 (S)	264	I	I	1:0,5 (S)	49	I	I	1:0,7:0,3 (INT:U:S)
11. <i>Inga alba</i> (Sw.) Wild.	1500	U	U	1:0,3 (U)	348	U	U	1:0,3 (U)	22	INT	U	1:0,1 (INT:U)
12. <i>Maprounea guianensis</i> (Aubl.) M.Arg.	850	U	U	1:0,3 (U)	160	I	S	1:0,8 (U)	47	I	I	1:0,6 (INT:U)
13. <i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	225	__*	__	1:0,5 (U)	684	U	U	1:0,4 (U)	10	__*	__*	1:0,9 (INT:U)
14. <i>Cheiloclinium cognatum</i> (Miers.) A.C. Smith.	525	U	I	1:0,5 (U)	392	I	I	1:0,7 (S)	22	I	U	1:0,6 (U:INT)
15. <i>Xylopia sericia</i> A. St. Hil.	850	U	I	1:0,8 (U)	180	I	S	1:0,3 (S)	24	I	U	1:0,5 (U:INT)
16. <i>Pseudolmedia laevigata</i> Tréc.	325	__*	U	1:0,2 (U)	288	U	U	1:0,2 (U)	100	U	U	266:0:0 (U)

*informação não disponível; **adaptado de Souza (2002); n/ha = indivíduos por hectare. U, S, INT = “comunidade úmida”, “comunidade seca” e “comunidade intermediária”. I = indiferente; A = aves; M = mamífero; Zo = zoocoria.

Entre as espécies mais dissimilares, pode-se observar *Symplocos mosenii* no estágio mudas (Figura 6.8) e *Pseudolmedia laevigata* no estágio adultas (Figura 6.10).

Para as 10 espécies mais importantes da categoria mudas (maiores IVC's – Souza, 2002), considerando-se o número de indivíduos por hectare, *Symplocos mosenii*, *Inga alba* e *Maprounea guianensis* que são consideradas da “comunidade úmida”, e apresentam respectivamente, razões de 1:0,5, 1:0,3 e 1:0,3 em relação a “comunidade seca”. *Vitex polygama*, *Myrcia rostrata* e *Pera glabrata* se aproximaram de gradientes da “comunidade seca” e foram classificados como tal, apresentaram respectivamente, razões de 1:0,3, 1:0,2, e 1:0,3 mais indivíduos que na “comunidade úmida”. Os indivíduos considerados indefinidos *Alibertia macrophylla*, *Xylopia sericia*, *Cardiopetalum callophyllum* e *Copaifera langsdorffii*, apresentaram razões 1:0,9, 1:0,8, 1:0,6 e 1:0,6 entre as densidades nas duas comunidades, sendo as duas primeiras espécies a favor da “úmida” e as duas últimas a favor da “seca” (Tabela 6.3). A espécie *Cardiopetalum callophyllum* se apresentou mais correlacionada à textura arenosa e localizou-se no meio do gradiente Borda C.s.s., demonstrando que não estava correlacionada de maneira expressiva com as variáveis que mais influenciaram o habitat “comunidade seca”. Por outro lado, embora apresente maior número de indivíduos para “comunidade seca”, a espécie *Copaifera langsdorffii* mostrou apenas proximidade do gradiente de pH, sendo necessária avaliação dos estágios posteriores de desenvolvimento, para determinação da preferência por uma ou outra comunidade.

Para as 10 espécies mais importantes da categoria arvoretas, (maiores IVI's – Souza, 2002), considerando-se o número de indivíduos por hectare, temos também a confirmação do comportamento observado na CCA (Figura 6.5). Os indivíduos *Pseudolmedia laevigata*, *Inga alba* e *Siparuna guianensis*, que são considerados da “comunidade úmida” apresentam respectivamente razões de 1:0,2, 1:0,3 e 1:0,4 em relação a “comunidade seca”. Os indivíduos *Copaifera langsdorffii*, *Myrcia rostrata*, *Matayba guianensis* e *Cupania vernalis*, consideradas da “comunidade seca” apresentam respectivamente razões de 1:0,2, 1:0,2, 1:0,3 e 1:0,3 em relação a “comunidade úmida”. Os indivíduos *Symplocos mosenii*, *Cheiloclinium cognatum* e *Tapura amazonica*, considerados indiferentes, apresentam razões de densidade de indivíduos entre as duas comunidades de 1:0,9, 1:0,7 e 1:0,5 todos a favor da “comunidade seca” (Tabela 6.3).

Em observação a classificação Twinspan (Souza, 2002), ordenação CCA e razão entre as comunidades, entre todos os estágios de desenvolvimento, para as 16

espécies mais importantes dentre mudas e arvoretas, *Pera glabrata* e *Pseudolmedia laevigata* apresentaram em todos os estágios de desenvolvimento, preferência pelas comunidades “seca” e “úmida”, respectivamente. Entre as duas espécies citadas, as outras estão apresentadas em ordem decrescente de preferência por ambientes secos (Tabela 6.3).

Dentre as seis espécies exclusivas e preferenciais de ambientes mais secos (*Pera glabrata*, *Alibertia macrophylla*, *Cupanea vernalis*, *Copaifera langsdorffii*, *Cardiopetalum calophyllum* e *Vitex polygama*) somente a espécie *Alibertia macrophylla* foi classificada como de “comunidade úmida” e se mostrava indiferente na ordenação CCA quando muda, sendo que no estágio arvoretas, mostrou-se preferencial de ambientes secos. *C. vernalis* e *C. langsdorffii* quando adultas se mostraram preferenciais de ambientes intermediários (Tabela 6.3).

A espécie *Symplocos mossenii*, embora tenha sido classificada como úmida e tenha mostrado preferência por fatores ambientais ligados à “comunidade úmida” quando muda, mostrou-se indiferente nos estágios arvoreta e árvore, passando a ter maior parte dos indivíduos na “comunidade seca” quando adulta (1:0,4 (S:U) - Tabela 6.3).

As espécies *Matayba guianensis*, *Myrcia rostrata* e *Tapura amazonica* são as mais generalistas ocupando as três comunidades, quando adultas. Entretanto, no estágio mudas todas estavam relacionadas a fatores ambientais presentes na “comunidade seca”, sendo que *T. amazonica*, mostrou-se indiferente quando arvoreta e *Matayba guianensis* e *M. rostrata*, só quando adultas. *Matayba* mostrou maior particularidade com ambientes secos e intermediários, *M. rostrata* com intermediários e *T. amazonica* com ambientes intermediários e úmidos, quando adultas (Silva Júnior, 1995).

Dentre as seis espécies exclusivas e preferenciais de ambientes mais úmidos (*Inga alba*, *Maprounea guianensis*, *Siparuna guianensis*, *Cheiloclinium cognatum*, *Xylopia sericia* e *Pseudolmedia laevigata*), *I. alba*, *Maprounea guianensis* e *S. guianensis* já apresentavam maior número de indivíduos na “comunidade úmida” nos estágios mudas e arvoretas, bem como já mostravam correlação com fatores ambientais ligados a esta comunidade (Figura 6.3 e 6.5), com exceção da espécie *Maprounea guianensis*, que mostrou correlações maiores com fatores ligados à “comunidade seca”, quando arvoreta. Quando adultas, estas espécies tiveram mais indivíduos na “comunidade intermediária” porém, se apresentam também ligadas em menor parte à “comunidade úmida”. *C. cognatum* e *X. sericia*, embora classificadas por Souza (2002) como de “comunidade úmida” para a categoria mudas, mostraram-se indiferentes quanto aos fatores ambientais

ligados a esta comunidade, embora tenham apresentado maior número de indivíduos na “comunidade úmida”. Para a categoria arvoretas, as espécies, *C. cognatum* e *X. sericia*, apresentaram-se indiferentes e correlacionadas a fatores ambientais da “comunidade seca”, inclusive com maior número de indivíduos nesta comunidade, no entanto, apresentando-se novamente preferenciais por ambientes úmidos, no estágio “adultas”.

6.4. DISCUSSÃO

A luz não apresentou fortes correlações com a variação na abundância das espécies, não apresentando correlações significativas com os eixos de ordenação em CCA preliminares, tanto em mudas quanto arvoretas, sendo descartada da CCA final, fazendo com que as relações entre as espécies e o nível de luz sejam mais especulativas do que conclusivas. No entanto, a medição da luz é tida como de difícil padronização, visto que Trichon *et al.*(1998) citado por van den Berg e Santos (2003) avalia que uma abertura média no dossel de 7% em uma determinada floresta representaria uma ambiente completamente tomado de clareiras, o que no entanto não ocorreu para o estudo conduzido por van den Berg e Santos (2003), e tampouco para este estudo. Dietzsch (2006), utilizando o densiômetro esférico para mensuração da luminosidade de uma Mata de entorno urbano no DF, não achou correlações entre luz e o gradiente de espécies adultas gerado pela CCA.

Admite-se que em locais de borda, a luminosidade lateral pode não ser captada pelo método de medição do densiômetro esférico, que somente se baseia na abertura do dossel, não considerando a luminosidade nas aberturas laterais que ocorrem principalmente em ambientes de borda. No entanto, pode-se inferir que a variável “Borda cerrado” possa vir a fornecer uma estimativa indireta da maior luminosidade lateral que ocorre nestes locais, visto que em outros estudos (Felfili e Abreu, 1999; Beltrão, 2003; Oliveira e Felfili, 2005) a presença de espécies na borda também foi correlacionada com a maior oferta de luz. Neste sentido, o método de fotografias hemisféricas pode se mostrar mais eficiente na detecção da luminosidade da borda, visto que van den Berg e Santos (2003), utilizando o citado método, detectaram maiores valores de abertura do dossel (entre 3,3% e 18,5%) próximos à borda.

Embora alguns estudos comparativos tenham sido feitos em solos diferentes dos presentes sob a Mata de Galeria do Pitoco (Oliveira-Filho *et al.*, 1994a; Dalanesi *et al.*, 2003; Pinto *et al.*, 2005), a semelhança nas afinidades de espécies com maior valor de

bases ou pH mais alto, ou ainda, com maiores valores de Al, mostrou que espécies respondem a nutrientes, mesmo que eles estejam em diferentes locais no declive. A relação entre nutrientes com a distribuição de espécies em matas de galeria já foi demonstrada em alguns trabalhos (Felfili, 1994; Silva Júnior, 1995; Haridassan, 1998; Góes Júnior, 1996; citado por Correia *et al.*, 2001). Nogueira e Haridassan (1997) encontraram seis espécies acumuladoras de Al, e árvores com maior teor foliar de Ca em um sítio com solo rico em Ca, demonstrando assim a forte interação das propriedades químicas dos solos com a composição de espécies na mata. Haridassan *et al.* (1992), citado por Haridassan (1998), afirmam que a fertilidade na Mata de Galeria varia muito em função do teor de cálcio e que a composição florística varia em função da disponibilidade de cálcio no solo, sendo que os teores de cálcio e magnésio nas folhas refletem as diferenças da adaptabilidade dessas espécies. Outros estudos já demonstraram diferenças florísticas entre comunidades em Matas de Galeria em função de diferenças entre solos distróficos e mesotróficos (Felfili, 1994; Silva Júnior, 1995; Haridassan, 1998; Góes Júnior, 1996; citado por Correia *et al.*, 2001). Como visto no Capítulo V e agora neste capítulo, a fertilidade do solo associada ao gradiente topográfico e provavelmente ao gradiente de umidade, parece ser o fator mais preponderante na determinação da distribuição de espécies em seus estágios iniciais, tal com anotado para indivíduos adultos por van den Berg e Oliveira-Filho (1999), porém, mais fortemente para espécies no estágio de desenvolvimento arvoretas.

É importante notar que diferenças na disponibilização dos nutrientes está relacionada diretamente às classes de solo e suas respectivas condições de drenagem, que já mostraram fortes correlações com a densidade de espécies (Haridassan *et al.*, 1997; Dalanesi *et al.*, 2004; Pinto *et al.*, 2005). A condição de umidade é condicionada pelo gradiente topográfico que restringe a distribuição de muitas espécies, não só por mudanças na disponibilização de nutrientes, mas, em alguns casos, em função de condições restritivas de saturação hídrica e anoxia, a que muitas espécies não se adaptam (Lobo e Joly, 2001; Felfili *et al.*, 2001). Embora indiretamente avaliada através do gradiente topográfico, a distância do lençol freático mostrou-se um dos maiores condicionantes da distribuição das espécies, visto que as espécies se distribuíram gradativamente em diferentes proporções nas comunidades “úmida” e “seca” definidas por Souza (2002) e “intermediária” definida por Silva Júnior (1995) ao longo do gradiente topográfico (tabela 6.3), bem como se agruparam em função de suas preferências por sítios úmidos, intermediários ou secos (Figuras 6.8 e 6.9).

A diferença entre classes de solos neste estudo só pareceu se mostrar preponderante para o solo Orgânico, que ocorre às margens do córrego Pitoco. A variável “Tipo de solo”, não apresentou um gradiente tão extenso quanto às outras variáveis que explicaram diferenças na fertilidade, podendo ter ocorrido, como discutido no Capítulo V, uma pequena diferença entre os teores de Fe entre os blocos amostrais “a” e “b”, porém não significativa na CCA e altamente correlacionada com a variável Al, que está relacionada ao gradiente topográfico. O Organossolo foi representado apenas por parcelas adjacentes ao córrego e também pode ser correlacionado com as espécies que ocorrem no sentido oposto aos vetores “Borda cerrado” e “Tipo de solo” da CCA, que representam em seus maiores valores, a borda com o cerrado sentido restrito e maior proximidade do Latossolo vermelho-amarelo distrófico. As espécies que não se apresentaram relacionadas à variável “Tipo de solo”, devem estar nos dois blocos amostrais, que também em função da similaridade na declividade média e na textura do solo, possuem condições de drenagem aparentemente semelhantes (Haridassan, 1990; Correia *et al.*, 2001).

A influência das propriedades físicas do solo na distribuição das espécies não pareceu ser preponderante, visto que só apresentou correlações com a distribuição da categoria mudas. Beltrão (2003), estudando uma Mata de Galeria no DF relacionou a distribuição espacial da regeneração natural (mudas e arvoretas) ao gradiente textural dos solos. Entretanto neste estudo, acredita-se que não ocorreram diferenças texturais significativas visto que o solo variou em toda a mata, de argiloso a muito argiloso.

Embora a luz não tenha apresentado fortes correlações com a distribuição de espécies na ordenação CCA, acredita-se que principalmente em ambientes de borda, o densímetro esférico pode não ter retratado tão bem a intensidade luminosa que incide lateralmente na mata (Murcia, 1995). Entretanto, a maioria das principais espécies avaliadas é classificada na literatura como clímax demandantes de luz e ocorreu em sítios intermediários na mata, demonstrando que a abertura média de 12,86%, com maior densidade destas espécies (41%) entre 9,48% e 13,75% de abertura ocorreu nos locais intermediários da mata (ver Capítulo IV). Os resultados se coadunam com as observações de Furley e Ratter (1998) e Ratter (1980 e 1992), citados por Silva Júnior (1995), onde as comunidades “secas” e “intermediárias” foram mais relacionadas às espécies demandantes de luz, enquanto as espécies da “comunidade úmida”, apresentavam espécies clímax demandantes de luz e clímax tolerantes à sombra.

Na categoria mudas, parcelas localizadas em locais do gradiente topográfico em que as variáveis ambientais estariam correlacionadas com o ambiente seco, apresentaram, por exemplo, a identificação da “comunidade úmida” (Figura 6.4). Isso ocorreu por que nesta fase de estabelecimento algumas espécies ocorreram em locais que não representam o habitat preferencial das mesmas, possivelmente por fatores aleatórios (agente dispersor, espécies com produções de semente multianuais, condições de luz favoráveis) (Schiavini *et al.*, 2001; Felfili *et al.*, 2001).

Algumas espécies, em fases posteriores de desenvolvimento, conseguiram se adaptar, apesar de apresentarem um decréscimo na densidade nestes sítios e aumento em outros, nos quais estão mais bem adaptadas (ver Tabela 6.3). No entanto a maioria das espécies passou a apresentar, nos estágios arvoretas, maiores densidades em sítios que são conhecidamente preferenciais das mesmas (ver Tabela 6.3 e Figura 6.7).

Na categoria arvoretas, as comunidades “seca” e “úmida”, passam a representar claramente o particionamento do gradiente topográfico, e conseqüentemente, a relação dos fatores ambientais específicos de cada comunidade florística ficou mais evidente (Figura 6.6), tal como anotado por Silva Júnior (1995) e Silva Júnior *et al.* (1996) para indivíduos adultos. No entanto algumas espécies, tal como *Symplocos mosenii*, por exemplo, que ocorreram em sítios possivelmente mais secos quando mudas, passaram a apresentar um comportamento intermediário ou indiferente, nas fases arvoretas e adultas. Como o gênero *Symplocos* spp. é tido como acumulador de alumínio (Furley e Ratter, 1988), a espécie também ocupou locais mais próximos às margens do córrego Pitoco (Tabela 6.3), onde foram observadas as maiores concentrações deste elemento, o que conferiu um caráter generalista na distribuição desta espécie.

O resultado da CCA mostrou que as variâncias não explicadas nas abundâncias das espécies em relação aos sítios relacionados às comunidades florísticas, devem ser menores para indivíduos adultos do que para jovens, visto que estes últimos ainda podem ocupar sítios que são os preferenciais das espécies. Porém, no transcorrer do seu desenvolvimento a tendência é que as espécies fiquem restritas a determinados locais (Felfili, 2001), o que garante uma coexistência maior de espécies (Oliveira-Filho, 1994). Logo, as variâncias das abundâncias não explicadas das espécies diminuem no sentido: mudas→arvoretas→árvores.

6.5. CONCLUSÕES

Parte da “comunidade seca” e da “comunidade úmida”, na categoria mudas, não apresentou correlações expressivas com os fatores ambientais analisados. Muitos indivíduos ocorreram neste estágio de desenvolvimento, em sítios em que não são os preferenciais da espécie. Neste estágio, as espécies estão respondendo momentaneamente a fatores ambientais não edáficos, tais como proximidade das bordas com incremento na intensidade luminosa ou maior disponibilidade hídrica. No entanto, num estágio mais avançado, como exemplo a categoria arvoretas, tal comportamento pode representar adaptabilidade da espécie através de sua capacidade de aclimação e resistência às variações nas condições ambientais (pressão de seleção).

A partir da análise CCA, associando distribuição espacial das espécies e fatores ambientais, foi possível verificar que a classificação das espécies em duas comunidades, principalmente para o estágio arvoretas, está relacionada ao gradiente de fertilidade e umidade do solo. A CCA ratificou os resultados obtidos pela PCA, indicando que a “comunidade seca” está relacionada a maiores concentrações de Ca, Mg, maior pH e proximidade com a borda do cerrado sentido restrito e a “comunidade úmida”, relacionado ao menor pH e às maiores concentrações de Al e Fe, bem como maior proximidade da borda do córrego Pitoco. No entanto, para algumas espécies, as relações com fatores ambientais foram diferentes, quando comparadas com a distribuição espacial dos indivíduos adultos da mesma espécie.

Só duas espécies das 16 mais importantes entre as categorias mudas e arvoretas mostraram correspondência com os fatores ambientais desde o estágio mudas até o estágio adultas. As espécies foram *Pseudolmedia laevigata* e *Pera glabrata*, para a “comunidade úmida” e “comunidade seca”, respectivamente.

Embora a variável luz não fora preponderante nos resultados da ordenação (CCA), a quantidade de espécies clímax demandantes de luz foi maior em relação às de outros grupos ecológicos, estando estas relacionadas a fatores ambientais das “comunidades secas”, ou apresentando-se indiferentes. Estas espécies ocuparam mais os locais considerados intermediários a secos na mata, desde os estágios iniciais, sendo que as condições dos sítios intermediários possibilitaram a coexistência de um maior número de espécies, principalmente a partir do estágio arvoretas, mas definitivamente, no estágio adultas. Desta forma, supõe-se que à medida que as plantas se desenvolvem mais fortes se tornam as correlações entre elas e as variáveis ambientais, representando em suma, o efeito da relação com o ambiente.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o objetivo de dar continuidade aos trabalhos e pesquisas já realizados na Mata de Galeria do Pitoco e os iniciados com este estudo, recomendamos para as pesquisas futuras:

- Avaliar a disponibilidade da luz lateral nas bordas a partir de dois métodos, densiômetro esférico e fotografias hemisféricas, de modo a avaliar se o densiômetro apresenta restrições a captação da luz lateral. Uma vez que esse tipo de entrada de luz no interior da comunidade parece ser expressivo nas Matas de Galeria, tanto na borda com o curso d'água como na borda com a vegetação adjacente;
- Considerar a possibilidade de mensuração da abertura do dossel em diferentes momentos, de forma a estimar taxas de fechamento ou abertura do dossel não só com relação a variação espacial, mas também temporal;
- Realizar a medição da umidade do solo, de modo a correlacionar diretamente este parâmetro, com as características edáficas físico-químicas e com a distribuição espacial das espécies;
- Considerar a possibilidade de caracterizar o banco de sementes do solo e banco de plântulas, de forma a identificar proporções em relação ao número de sementes \times número de plântulas \times número de mudas \times número de arvoretas \times número de árvores, de acordo com seus respectivos grupos ecológicos;

A partir do conhecimento prévio gerado por estudos que abordam as relações entre fatores ambientais e a distribuição espacial de espécies, tais como o presente estudo, órgãos governamentais ligados à proteção ambiental têm a possibilidade de avaliar a efetividade e adequação das medidas de recuperação adotadas pelo infrator para a recuperação do local degradado. De maneira mais específica, o conhecimento das correlações entre espécies e umidade, solos, topografia, luminosidade, são fundamentais na avaliação da compatibilidade entre espécies escolhidas e as condições ambientais locais. Faz-se necessário ressaltar, especialmente no âmbito da Perícia Criminal, que com o advento da Lei de Crimes Ambientais (Lei 9605/98) a verificação da reparação do dano (§ 2º do art. 78 do Código Penal) deve ser feita mediante laudo de reparação do dano

ambiental (Art. 17 da Lei 9.605/98), sendo este o instrumento que poderá, baseado no conhecimento técnico-científico, avaliar a adequação de medidas de recuperação ambiental.

Além da importância ecológica e da compreensão de como as espécies florestais se correlacionam com fatores ambientais, o conhecimento gerado por este estudo, juntamente com os diversos estudos já produzidos sobre o assunto, representam instrumentos muito importantes na tentativa de reparação de danos ambientais e de repreensão às condutas lesivas ao meio ambiente. Neste sentido, procura-se responder corretamente a questões tais como “O quê plantar?”, “Onde plantar?” e “Como Plantar?”, que não representam mais do que tentativas de repor ao meio ambiente, da forma mais próxima ao ideal possível, o que lhe foi retirado.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'Saber, A.N. 1983. O domínio dos cerrados: introdução ao conhecimento. Fundação Centro de Formação do Servidor Público, v. 3, n.4, p. 41-55.
- Adámoli, J.; Azevedo, L.G. 1983. Regionalização dos Cerrados: parâmetros quantitativos. 19 p.
- Adámoli, J.; Macedo, J.; Azevedo, L.G; Netto, J.M. 1987. Caracterização da região dos cerrados. In: Goedert, W.J. (ed.). Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. São Paulo. Ed. Nobel. p. 33-98.
- Alder, D.; Synnott, T.J. 1992. Permanent sample plot techniques for mixed tropical forest. Oxford: University of Oxford. 123p. (Tropical forest paper, 25).
- Araújo, M.M.; Longhi, S. J.; Barros, P. L.C.; Brena, D. A.. 2004. Caracterização da chuva de sementes, banco de sementes do solo e banco de plântulas em Floresta Estacional Decidual Ripária, Cachoeira do Sul, RS, Brasil. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 66. dez., p-128-141.
- Ayres, M.; Ayres Júnior, M.; Ayres, D.L.; Santos, A.A.S. 2005. Bioestat 4.0: Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Biológicas e Médicas. Belém: Sociedade Civil Mamirauá. Brasília: MCT – CNPq. 272 p.
- Bazzaz, F.A. 1991. Regeneration of Tropical Forests: Physiological Responses of Pioneer and Secondary Species. In Gómez-Pompa; Whitmore, T.C.; Hadley, M (Eds.). Rain forest regeneration and management. Unesco/Pathernon, Paris. p. 91-118.
- Bazzaz, F.A. 1979. The phytossiological ecology of plant succession. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v.10, p. 351-371.
- Beltrão, L. 2003. Avaliação do efeito do entorno na integridade ecológica de uma mata de galeria inundável no Distrito Federal. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), 135 p. Departamento de Engenharia Florestal (Publicação EFLM031), Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- Bourgeron, P.S. 1983. Spatial Aspects of vegetation structure. In: GOLLEY, F.B. (ed.). Ecosystems of the world 14^a – **Tropical rain forest ecosystems**: structure and function. Amsterdam, Elsevier, p. 29-47.
- Brady, N. C. 1996. The Nature and properties of soils. Prentice-Hall do Brasil. 11^a ed, Rio de Janeiro, il. 739 p.
- Brasil. Lei nº 4771/65 de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 26 abril 2007.
- Brasil. Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001. Altera os arts. 1o, 4o, 14, 16 e 44, e acresce dispositivos à Lei no 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal, bem como altera o art. 10 da Lei no 9.393, de 19 de dezembro de 1996, que dispõe sobre o Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural - ITR, e dá outras providências.. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 26 abril 2007.

- Brasil. Resolução Conama nº 303/02 – Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. www.mma.gov.br. Brasil. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama>>. Acesso em: 26 abril 2007.
- Cardoso, E. e Schiavini, I. 2002. Relação entre distribuição de espécies arbóreas e topografia em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga (Uberlândia, MG). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.25, n.3, p.277-289.
- Carvalho, D.A.; Oliveira-Filho A. T.; Van den Berg, E.; Fontes M. A. L.; Vilela, E. A.; Marques J. J. G. S. e M.; e Carvalho, W. A. C. 2005. Variações florísticas e estruturais do componente arbóreo de uma floresta ombrófila alto-montana às margens do rio Grande, Bocaina de Minas, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v 19(1), p. 91-109.
- Carvalho, D.A.; Oliveira-Filho A. T.; Vilela, E. A.; Curi, N.; Van den Berg, E.; Fontes M. A. L.; Botezelli, L.. 2005. Distribuição de espécies arbóreo-arbustivas ao longo de um gradiente desoloso e topografia em um trecho de floresta ripária do Rio São Francisco em Três Marias, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.28, n.2, p.329-345.
- Causton, D. R. An introduction to vegetation analysis, principles and interpretation. London: Unwin Hyman, 1988. 342p.
- CFSEMG. 1999. Recomendações para o uso de fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação. Ribeiro, A. C.; Guimarães, P. T. G.; Alvarez V., editores. Viçosa-MG. 359p.:il.
- Chaves, H.M.L., Rosa, J.W.C., Santos, M.V. 1997. Evaluation of the Sediment Trapping Efficiency of Gallery Forests Through Sedimentation Modeling. In: International Symposium on Assessment and Monitoring of Forests in Tropical Dry Regions with Special Reference do Gallery Forests, 1996, Brasília, DF. **Proceedings**. Brasília: University of Brasília p. 323 – 327. Editado por J. IMANÃ-ENCINAS E C. KLEIN.
- Correia, J.R.; Haridasan, M.; J.F.; Martins, E de S. e Walter, B.M.T. 2001. Influência dos fatores edáficos na distribuição de espécies arbóreas em Matas de Galeria na região do Cerrado: uma revisão. . In: Fonseca, C.E.L.; Sousa-Silva, J.C., ed. **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. Embrapa Cerrados (ed). Planaltina – DF. p. 51-78.
- Dalanesi, P. E.; Oliveira-Filho A. T. e Fontes M. A. L. 2004. Flora e estrutura do componente arbóreo da floresta do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG, e correlações entre a distribuição das espécies e variáveis ambientais1. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 18(4), p. 737-757.
- Davide A.C.; Botelho, S.A. 1999. Análise crítica dos programas de recomposição de Matas Ciliares em Minas Gerais. In: Simpósio Mata Ciliar, Belo Horizonte. Coordenação do Simpósio Mata Ciliar. Lavras : UFLA, p. 172-188.
- Dietzsch, L. 2006. Aspectos florísticos, características estruturais e análise de gradientes de uma mata de galeria com entorno urbano situada no Parque Canjerana, DF. 93 p Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Departamento de Engenharia Florestal (Publicação EFLM070), Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- Eira, M.T.S.e Netto D.A.M. 1998. Germinação e Conservação de Sementes Lenhosas. In Ribeiro, J.F. ed. **Cerrado: matas de galeria**. Planaltina: EMPRAPA-CPAC. 164 p

- Eiten, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. *Botanical Review*, Bronx, NY, v.38, p.201-341.
- Eiten, G. 1990. Vegetação do Cerrado. In: PINTO, M.N, coord. **Cerrado**: caracterização, ocupação e perspectivas. 2ª ed. Brasília: UnB/SEMATEC,. p. 9-65.
- ESRI. 1999. Arcview Gis 3.2. California: Environmental Systems Research Institute, 340 p.
- Englund, S. R.; O'Brien, J.J.; Clark, D.B. 2000. Evaluation of digital and film hemispherical photography and spherical densiometry for measuring forest light environments. **Can. J. For. Res.**, Canadá, v. 30, p.1999-2005.
- Espirito-santo, Fernando Del Bon Oliveira-Filho A.T. ; Machado E. L. M.; Souza J. S.; Fontes M. A. L.; Marques J. J. G. de S. M. . 2002. Variáveis ambientais e a distribuição de espécies arbóreas em um remanescente de floresta estacional semidecídua montana no campus da Universidade Federal de Lavras, MG. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 16, n. 3, p. 331-356.
- Felfili, J.M. 2000. Crescimento, Recrutamento e Mortalidade nas Matas de Galeria do Planalto Central. Palestras convidadas do 51º Congresso Nacional de Botânica. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia/Sociedade Brasileira de Botânica. Brasília, p. 152-158.
- Felfili, J.M. 1998. Determinação de padrões de distribuição de espécies em uma mata de galeria no Brasil Central com a utilização de técnicas de análise multivariada. **B. Herb. Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v.2: 35-48.
- Felfili, J.M. 1997. Dynamics of the natural regeneration in the Gama gallery forest in central Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.91. p-235-245.
- Felfili, J.M. 1995a. Growth, recruitment and mortality in the Gama gallery forest in central Brazil over six year period (1985-1991). **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.11, n.1, p.67-83.
- Felfili, J.M. 1995b. Diversity, structure and dynamics of a gallery forest in central Brazil. **Vegetatio**, Dordrecht, v.117, p.1-15.
- Felfili, J.M. 1994. Floristic composition and phytosociology of the gallery forest alongside the Gama stream in Brasília, DF. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.17, n.1, p1-11.
- Felfili, J.M. 1993. Structure and dynamics of a gallery Forest in central Brasil. Oxford: University of Oxford. 180 p. Ph.D. Thesis.
- Felfili, J.M.; Fagg C.W.; Silva, J.C.S.; Oliveira, E.C.L.; Pinto, J.R.R. Silva Júnior, M.C. & Ramos, K.M.O. 2002. Plantas da APA Gama Cabeça de Veado: espécies ecossistemas e recuperação. Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília.
- Felfili, J.M.; Franco, A.C.; Fagg, C.W.; Sousa-Silva J.C. 2001. Desenvolvimento Inicial de espécies de Matas de Galeria. In: J.F. Ribeiro; C.E.L. Fonseca & J.C Sousa-Silva **Cerrado**: caracterização e recuperação de Matas de Galeria. Ed. Embrapa Cerrados. Planaltina – DF. p. 779-811.
- Felfili, J.M.; Ribeiro, J.F.; Fagg, C. W. e Machado, J.W.B. 2000. Recuperação de Matas de Galeria. Ed. Embrapa Cerrados - Documento nº 21. Planaltina – DF. 45 p.

- Felfili, J.M.; Abreu, H.M. 1999. Regeneração natural de *Roupala montana* Aubl., *Piptocarpha macropoda* Back. e *Persea fusca* Mez. em quatro condições ambientais na Matas de Galeria do Gama-D.F. **Cerne**, Lavras, v.5, n.2, p.125-132.
- Felfili, J.M.; Hilgbert, L. F.; Franco, A.C.; Sousa-Silva J.C.; Resende A. V.; e Nogueira M. V. P.. 1999. Comportamento de plântulas de *Sclerolobium paniculatum* Vog. var. *rubiginosum* (Tul.) Benth. sob diferentes níveis de sombreamento, em viveiro. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.22, n.2 (suplemento), p.297-301.
- Felfili, J.M.; Silva Júnior, M.C.1992. Floristic composition, phytosociology and comparison of Cerrado and gallery forests at Fazenda Água Lima, Federal District, Brazil. In FURLEY, P.A, PROCTOR, J.; RATTER, J.A., ed. **Nature and dynamics of forest-savanna boundaries**. London: Chapman e Hall. p. 393-416.
- Fenner, M. 1985. Seed Ecology London: Chapman and Hall.
- Ferreira, J. N.; Ribeiro, J.F. Ecologia da inundação em Matas de Galeria. In: J.F. Ribeiro; C.E.L. Fonseca & J.C Sousa-Silva Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria. Ed. Embrapa Cerrados. Planaltina – DF. p. 425-451.
- Furley, P.A.; Ratter J.A. 1988. Soil resources and plant communities of the central Brazilian cerrado and their development. **Journal of Biogeography**. v. 15. p. 97-108.
- Fonseca, G.A.B.; Redford, K.H. 1984. The mammals of IBGE's Ecological Reserve, and an analysis of the role of the gallery forests in increasing diversity. **Revista Brasileira de Biologia**, São Paulo, v.44, p. 517-523.
- Garwood, N.C. 1996. Functional Morphology of Tropical Tree Seedlings. In Swaine, M.D.; (Ed.). The Ecology of Tropical Tree Seedlings. Unesco/Pathernon, Paris. p. 59-130.
- Guilherme, F.A.G.. 2000. Efeitos da cobertura de dossel na densidade e estatura de gramíneas e da regeneração natural de plantas lenhosas em mata de galeria, Brasília-DF. **Cerne**, Lavras, v.6, n.1, p. 060-066.
- Haridasan, M. 2001. Nutrient cycling as a function of landscape and biotic characteristics in the cerrado of central Brazil. In: McClain, M.E.; Victoria, R.L. & Richey, J. E. (ed) Biogeochemistry of the Amazon basin and it's role in a changing world. Oxford University Press, New York. P. 68-83.
- Haridasan, M. 1998. Solos em matas de galeria e nutrição mineral de espécies arbóreas em condições naturais. In: Ribeiro, J.F. **Cerrado**: matas de galeria. Planaltina: EMBRAPA-CPAC. p. 19-28.
- Haridasan, M. 1994. Solos do DF. In: Pinto, M.N., org. **Cerrado**: caracterização, ocupação e perspectivas. 2ª edição. Brasília: UnB/Sematec. p. 321-344.
- Haridasan, M.; Silva, JR.; Felfili, J.M.; Rezende, A.V & Silva, P.E.N. 1997. Gradient analysis of soil properties and phytosociological parameters of some gallery forests on the "Chapada dos Veadeiros" in the Cerrado region of central Brazil. In: International Symposium on Assessment and Monitoring of Forests in Tropical Dry Regions with, Special Reference do Gallery Forests, 1996, Brasília, DF. **Proceedings**. Brasília: University of Brasília p. 259 – 276. Editado por J. IMANÃ-ENCINAS E C. KLEIN.

- Hill, MO 1979. TWINSPAN: a Fortran program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by a classification of individuals and attributes. Ithaca, NY. Cornell University, 60 p.
- Hoeflich, E. R., J. C. Cruz, J. Pereira, F. F. Duque, and H. Tollini. 1977. Sistema de produção agrícola no cerrado.. in M. G. Ferri, editor. IV Simpósio sobre o Cerrado: Bases para utilização agropecuária. Itatiaia/Universidade de São Paulo: São Paulo, Brazil. p. 37-58
- Hoffmann, W.A. 2000. Posts-Establishment Seedling Success in the Brazilian Cerrado: A Comparison of Savanna and Forest Species. **Biotropica**, Baton Rouge, v. 32(1). Pp 62-69.
- Hoffmann, W.A. 1999. Fire and population dynamics of woody plants in a Neotropical savanna: matrix model predictions. **Ecology**, Durham, v. 80, p.1354-1369.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. 2005. Zoneamento Ambiental da Bacia do Córrego Taquara-DF. Rio de Janeiro. CD-Rom de Dados.
- Hutchings, M. J. 1986. The structure of plant populations. In: Crawley, M. J. (ed.). **Plant ecology**. Blackwell Scientific Publications, London, p. 97-136.
- Jackson, D.A. 1993. Stopping rules in principal components analysis: comparison of heuristical and statistical approaches. **Ecology**, Durham, v.74, n.8, p. 2204-2214.
- Janzen, D. H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. **American Naturalist**, v.104, p. 501-528.
- Joly, C.A. 1994. Biodiversity of the Gallery forest and its Role in Soil Stability in the Jacaré-Pepira Water, State of São Paulo, Brazil. In: ECOTONES AT THE RIVER BASIN SCALE-GLOBAL LAND/ WATER INTERACTIONS: **Proceedings of Ecotones Regional Workshop**, Barmera, South Australia. Ed A.E. Jense, p. 40-66.
- Jonkman, R.H.G., Ter Braak, C.F.J. e Van tongeren. 1995. Data analysis in community and landscape ecology. **Cambridge University Press**, 299 p.
- Kapos, V. 1989. Effects of isolation on the water status offorest patches in the Brazilian Amazon. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.5, p.173-185.
- Kellman, M.;Tackaberry, R.;Rigg, L. 1998. Structure and function in two tropical gallery forest communities: implications for forest conservation in fragmented systems. **Journal of Applied Ecology**, v. 35, p. 195-206.
- Kellman, M.; Meave, J. 1997. Fire in the tropical gallery forests of Belize. **Journal of Biogeography** v. 24, n.1, p. 23-24.
- Kent, M. e Coker, P. 1992. **Vegetation Description and Analysis – A Practical Approach**. Behaven press. London.. 362 p.
- Klink, C. A. ; Miranda, H. ; Gonzales, I. ; Vicentinni, K. 2002. O BIOMA CERRADO - SITE 3. In: U. Seeliger; C. Cordazzo; F. Barbosa. (Org.). **Os Sites e o Programa Brasileiro de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração**. 1ª ed. Porto Alegre. v. 1, p. 51-68.
- Laurance, W.F. 1991. Edge effects in tropical forest fragments: applications of a model for the design of nature reserves. **Biological Conservation**, v.57, p. 205-219.

- Laurance, W.F., Ferreira, L.V., Merona, J.M.R. & Laurance, S.G. 1998a. Rain forest fragmentation and the dynamics of Amazonian tree communities. **Ecology**, Durham, v. 79, p.2032-2040.
- Laurance, W.F., Ferreira, L.V., Merona, J.M.R., Laurance, S.G., Hutchings, R.W. & Lovejoy, T.E. 1998b. Effects of forest fragmentation on recruitment patterns in Amazonian tree communities. **Conservation Biology**, v. 12, p. 460-464.
- Lazzarini, C.E.; Ribeiro, J. F.; Souza, C.C.; Rezende, R.P.; Balbino, V.K. 2001. Recuperação da Vegetação de Matas de Galeria: estudos de caso no DF e Entorno. In: **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. Ed. Embrapa Cerrados. Planaltina – DF, p. 815-870.
- Ledru, M. P. 1993. Late quaternary environmental and climate changes in Central Brazil. **Quaternary Research**, v. 39, p.90-98.
- Leitão Filho, H. F.; Pagano, S.N.; César, O.; Timoni, J.L. e Rueda, J.J. 1993. Ecologia de Mata Atlântica em Cubatão (SP). São Paulo. Ed. UNESP-UNICAMP, 184 p.
- Lima, W.P.; Zakia, M.J.B. 2001. Hidrologia de Matas ciliares. In: Rodrigues, R.R.; Leitão Filho, H.F. (Ed). Matas ciliares conservação e recuperação. São Paulo: Universidade de São Paulo (FAPESP). 320 p.
- Lobo, P.A.; Joly, C. A. 2001. Aspectos ecofisiológicos da vegetação de mata ciliar do sudeste do Brasil. In: Rodrigues, R.R.; Leitão Filho, H. F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. Ed. FAPESP. São Paulo: Universidade de São Paulo, 320p.
- Lobo, P.A.; Joly, C. A. 1995. Mecanismos de tolerância à inundação de plantas de *Talauma ovata* St. Hil (Magnoliaceae), uma espécie típica de matas de brejo. **Revista Brasileira de Botânica**, 18: 177-183.
- MacDougall, A. & Kellman, M. 1992. The understory light regime and patterns of tree seedlings in tropical riparian forest patches. **Journal of Biogeography**, v. 19. p.667-675.
- Macedo, J. 1996. Os solos da Região dos Cerrados. In: Alvarez V. V. H.; Fontes, L.E.F.; Fontes, M. P. F. (Ed.). **Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, MG; SBCS: UFV. Pp 135-157.
- Malcolm, J.R. 1994. Edge effects in Central Amazonian forest fragments. **Ecology**, Durham, v.75, p.2438-2445.
- Mares, M.A; Ernest, K.A. 1995. Population and community ecology of small mammals in a gallery Forest of central Brazil. **Journal of Mammalogy**. Orovo, UT, v.76, n.3, p.750-768.
- Marimom Júnior, B.H.; Haridassan, M. 2005 Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado sensu stricto em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. *Acta botanica brasílica*, v.19(4), p. 913-926.
- Marinho-Filho, J.; Sazima, I. 1998. Brazilian bats and conservation biology: a first survey. In Kunz T. H.; Racey P.A., ed. *Bat biology and conservation*. Washington, DC; Smithsonian Institution, p. 282-294.

- Marquis, R.J.; Young, H.J.; Braker, H.E. 1986. The influence of understory vegetation cover on germination and seedling establishment in a tropical lowland wet forest. **Biotropica**, St. Louis, v.18, n.4, p.273-278.
- Martins, E.S.; Reatto, A.; Correia, J.R.. 2001. Fatores ambientais que controlam as paisagens das Matas de Galeria no bioma Cerrado:exemplos e hipóteses. In: J.F. Ribeiro; C.E.L. Fonseca & J.C Sousa-Silva **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. Ed. Embrapa Cerrados. Planaltina – DF. p. 79-111.
- Matlack, G.R. 1993. Microenvironment variation within and among forest edge sites in the eastern United States. **Biological Conservation**, v. 66, p.185-194.
- McCune, B. & Mefford, M. J. 1999. Multivariate analysis of ecological data. MjM Software, Gleneden Beach.
- Meave, J.; Kellman, M.; Mac Dougall, D. & Rosles, J. 1991. Riparian habitats as tropical forests refugia. **Global Ecology and Biogeography Letters**, v 1, p. 69-76.
- Mendonça, R.C.; Felfili, J.M.; Walter, B.M.T.; Silva Junior, M. C.; Rezende, A.V.; Filgueiras, T.S.; Nogueira, P.E. 1998. Flora vascular do Cerrado. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P., ed. **Cerrado: ambiente e flora**. Plantaltina. Embrapa - CPAC. p. 289-556.
- Mittermeier, R.A, Robles, P.; Hoffmann, M.; Pilgrim, J.; Brooks, T.; Mittermeier, C.G. Lamoreux, J; Fonseca, G.B. 2005. Hotspots Revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Ecoregions. Conservation Internacional / CI Agrupacio. p 93-93.
- Montgomery, R.F. e Askew, G.P. 1983. Soils of tropical savannas. In: **Tropical Savannas**. ourlière. F. (ed). Elsevier, Amsterdam, p-63-78.
- Moreno M. I. C. e Schiavini I. .2001. Relação entre vegetação e solo em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia (MG). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.24, n.4 (suplemento), p.537-544.
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. Trends in Ecology and Evolution 10:58-62. environmental conditions of forest edges in Panama. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 78, p. 356-373.
- Nichol, J.E. 1994. An examination of tropical rain forest microclimate using GIS modeling. **Global Ecology and Biogeography Letters**, Oxford, v. 4, p. 69-78.
- Nóbrega, M.G.G. 1999. Fitossociologia e comunidades na mata de galeria Cabeça-de-Veado, no Jardim Botânico de Brasília, Brasília, DF. 67f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília.
- Nogueira, P.E.; Haridasan, M. 1997. Foliar nutrient concentration of tree species of four gallery forests in central Brazil. In: International Symposium on Assessment and Monitoring of Forests in Tropical Dry Regions with Special Reference do Gallery Forests, 1996, Brasília, DF. **Proceedings**. Brasília: University of Brasília, p 309 – 322. Editado por J. IMANÃ-ENCINAS E C. KLEIN.
- Nuttle, T. 1997. Densimeter bias? Are we measuring the forest or the trees? **Wildlife Society Bulletin**, v.25, n.3, p.610-611,
- Oliveira F. F. and Batalha M. A., 2005. Lognormal abundance distribution of woody species in a cerrado fragment (São Carlos, southeastern Brazil). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.28, n.1, p.39-45.

- Oliveira, E.C.L.; Felfili, J.M. 2005. Estrutura e dinâmica da regeneração natural de uma mata de galeria no DF, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v.19(4), p. 801-811.
- Oliveira-Filho, A.T.; 1994. Estudos Ecológicos da Vegetação Como Subsídios Para Programas de Revegetação com Espécies Nativas: Uma Proposta Metodológica. **Cerne**, Lavras, v.1, n.1, p-064-072.
- Oliveira-Filho, A.T.; Curi, N.; Vilela, E.A; Carvalho, D.A..1997. Trees species distribution along soil catenas in a riverside semideciduous forest in Southeastern Brazil. **Flora**. v. 01. n. 192, p. 47-64.
- Oliveira-Filho, A.T. e Ratter, J.A. 1995. A study of the origin of Central Brazilian forests by the analysis of plants species distribution patterns. **Edinburgh journal of Botany**. v. 52, p. 141-194.
- Oliveira-Filho, A.T.; Vilela, E.A; Carvalho, D.A.; Gavilanes, M.L. 1994a. Effect of the soils and topography on the distribution of tree species in a tropical riverine forest in southeastern Brasil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.10, n 4, p.483-508.
- Oliveira-Filho, A.T.; Vilela, E.A;Gavilanes, M.L.; Carvalho, D.A. 1994b. Effect of Flooding Regime and Understorey Bamboos on the Physiognomy and Tree Species Composition of a Tropical Semideciduous forest in Southeastern Brasil. **Vegetatio**, Dordrecht, v. 113, p.99-124.
- Oliveira-Filho, A.T.; Vilela, E.A; Carvalho, D.A.; Gavilanes, M.L. 1994c. Differentiation of streamside and upland vegetation in an area of montane semideciduous forest in southeastern Brasil. **Flora**, v.189, p.287-305.
- Oliveira-Filho, A.T., Ratter, J.A., Shepard, G.J. 1990. Floristic composition and community structure of a central Brazilian Gallery forest. **Flora**, v.184, p.103-117.
- Paciencia, M.L.B e Prado, J.. 2004. Efeitos de borda sobre a comunidade de pteridófitas na Mata Atlântica da região de Una, sul da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.27, n.4. p.641-653.
- Pagano, N. S.; Durigan, G. 2001. Aspectos da Ciclagem de Nutrientes em Matas Ciliares do Oeste do Estado de São Paulo, Brasil. In: Rodrigues, R.R.; Leitão Filho, H. F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. Ed. FAPESP. São Paulo: Universidade de São Paulo, p. 109-124.
- Pagano, S. N. e Leitão Filho, H. F. 1987. Composição florística do estrato arbóreo de mata mesófila semidecídua, no Município de Rio Claro (Estado de São Paulo). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 10, p.37-47.
- Parron, L.M. 2004. Aspectos da Ciclagem de Nutrientes em Função do Gradiente Topográfico, em uma Mata de Galeria no DF. 181 f.. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília. Brasília..
- Parron, L.M.; Caus, J.F. 2001. Produção de mudas de espécies arbóreas de Matas de Galeria: substrato e inoculação com fungos micorrízicos. In: **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. Ed. Embrapa Cerrados. Planaltina – DF,. p. 735-778.
- Paula, J.E; Encinas, J.I.; Pereira, B.A.S. 1993. Inventário de um hectare de mata ripária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, n2, p.143-152.

- Pereira, B., da Silva, M. e Mendonça, R. 1993. Reserva Ecológica do IBGE, Brasília (DF): lista de plantas vasculares. IBGE, Rio de Janeiro.
- Pinheiro, F. e Ribeiro, J.F. 2001. Síndrome de dispersão de sementes em Matas de Galeria do DF. In: **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. Ed. Embrapa Cerrados. Planaltina – DF, p. 335-375.
- Pinto, J.R.R. 1997. Levantamento florístico, estrutura da comunidade arbóreo-arbustiva e suas correlações com variáveis ambientais em uma floresta de vale no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães, Mato Grosso. 102 f... Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Pinto, J.R.R.; Oliveira-Filho, A.T.; Hay, J.D.V. 2005. Influence of Soil and Topography on the Composition of a Tree Community in a Central Brazilian Valley Forest. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v. 62 (1&2), p. 69-90.
- Poorter, L.; Arets, E.J.M.M.. 2003. Light environment and tree strategies in a Bolivian tropical moist forest: an evaluation of the light partitioning hypothesis. **Plant Ecology** v.166, p. 295–306.
- Poorter, L. 1999. Growth responses of 15 rain-forest tree species to a light gradient: the relative importance of morphological and physiological traits. **Functional Ecology**, v.13, p. 396-410.
- Prado, D. E. e Gibbs P, E. 1993. Patterns of Species Distributions in the Dry Seasonal Forests of South America. In: *Annals of Missouri Botanical Garden*. US. v.80, p. 902 – 907.
- Prado, H. 2003. Solos do Brasil: gênese, morfologia, classificação, levantamento, manejo. 3.ed. il. Piracicaba. 275 p.
- Raich, J.W. 1989. Seasonal and spatial variation in the light environment in a tropical dipterocarp forest and gaps. **Biotropica**, St. Louis, v.21, n.4, p.299-302.
- Raij, B.V. 1991. Fertilidade do solo e adubação. São Paulo. Ed. Ceres. 343 p.
- Ramos, P.C. 1999. Sobrevivência de árvores após fogo na Matas de Galeria do Pitoco na Reserva Ecológica do IBGE-RECOR em Brasília-DF. EFL-UnB. Brasília.
- Ramos, P.C.M.. 1995. Vegetation communities and soils in the National Park of Brasília. Edinburgh: University of Edinburgh. Ph.D. Thesis.
- Ratter, J.A. 1992. Transitions between cerrado and forest vegetation in Brazil. In: Furley, P.A.; Proctor J.; Ratter J.A. (orgs.). **Nature and dynamics of Forest-Savanna Boundaries**. London: Chapman e Hall. p. 417-429.
- Reatto, A.; e Martins E. S.. 2005. Classes de solo em relação aos controles da paisagem do bioma Cerrado. In: Scariot, A.; Sousa-Silva, J.C.; Felfili J.M.. ed. *Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação*. Brasília: MMA. p. 47-60.
- Reatto, A.; Spera S. T.; Correia J. R.; Martins E. S.; Milhomen A. 2001. Solos de ocorrência em duas áreas sob Matas de Galeria no DF: aspectos pedológicos, uma abordagem química e físico-hídrica. In: Fonseca, C.E.L.; Sousa-Silva, J.C., ed. *Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria* ed. Embrapa Cerrados. Planaltina – DF. p. 115-140.

- Reatto, A.; Correia, J.R.; Spera, S.T. 1998. Solos do bioma Cerrado In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P., ed. Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: Embrapa – CPAC, p. 47-86.
- Redford, K.H. and Fonseca, G.A.B. 1986. The role of gallery forests in the zoogeography of the Cerrados's non-volant mammalian fauna. **Biotropica**, Baton Rouge, v.18, n.2, p.126-135.
- Reichardt, K. 1989. Relações água –solo-planta em mata ciliar. IN: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1. São Paulo, SP. Anais. Campinas, Fundação Cargill. P. 20-24. Coordenado por Barbosa, L.M..
- Resende, J. C. F.; Klink, C. A.; Schiavini, I. 2003. Spatial heterogeneity and its influence on *Copaifera langsdorffii* Desf. (Caesalpinaceae). **Braz. arch. biol. technol.**, v. 46, n.3, p.405-414.
- Rezende, A.V. 1998. Importância das Matas de Galeria: manutenção e recuperação. In: Ribeiro, J.F. **Cerrado: matas de galeria**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC. p.03-16.
- Ribeiro, J. F. e Walter, B. M. T. 1998. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P., ed. **Cerrado: ambiente e flora**. Plantaltina. Embrapa - CPAC. p. 89-196.
- Ribeiro, J. F. e Walter, B. M. T. 2001. As Matas de Galeria no contexto do bioma Cerrado: uma revisão. In: Fonseca, C.E.L.; Sousa-Silva, J.C., ed. **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria** ed. Embrapa Cerrados. Planaltina – DF. p. 51-78.
- Richards, P.W..1999. The tropical rain forest. 2nd. Ed. Cambridge Univ. Press. Cambridge. 575 p.
- Rizzini, C.T. 1979. Tratado de Fitogeografia do Brasil. São Paulo: HUCITEC/EDUSP, v.2, 374 p.
- Rocha, C. T. V.; Carvalho, D. A. C.; Fontes M. A. L.; Oliveira-Filho A. T. ; Van Den Berg E. e Marques J. J.G.S. M. 2005. Comunidade arbórea de um continuum entre floresta paludosa e de encosta em Coqueiral, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.28, n.2, p.203-218.
- Rodrigues, L. A., Carvalho, D. A., Oliveira-Filho, A. T..2003. Floristic composition and structure of the tree layer of a forest fragment in Luminárias Municipality, Minas Gerais State. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v.17, n.1, p.71-87.
- Rodrigues, R.R. 2001. Florestas Ciliares: Uma Discussão Nomeclatural das Formações Ciliares. In: Rodrigues, R.R.; Leitão Filho, H. F. (Ed.) **Matas ciliares** conservação e recuperação. Ed. FAPESP. São Paulo: Universidade de São Paulo. p. 91-99.
- Rodrigues, R.R. 1992. Análise de um remanescente de vegetação natural ás margens do Rio Passa-Cinco, Ipeúna, SP.. 373 f. Tese (Doutorado em Biologia) Instituto de Biologia-UNICAMP Campinas.
- Souza, R.P. e Válio, I.F.M. 2003. Seedling growth of fifteen Brazilian tropical tree species differing in successional status. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.26, n.1, p.35-47.
- Rossi, C.V. 2000. Sobrevivência de árvores após fogo na Matas de Galeria do Monjolo na Reserva Ecológica do IBGE – DF. EFL – UnB. Brasília. 23 p.

- Salis, S.M.; Tamashiro, J.Y.; Joly, C.A. 1994. Florística e Fitossociologia do Estrato Arbóreo de um Remanescente de Mata Ciliar do Rio Jacaré-Pepira, Brotas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.17(2), p. 93-103.
- Santiago, J.; Silva Júnior, M. C.; Lima, L.C. 2005. Fitossociologia da Regeneração arbórea na Matas de Galeria do Pitoco (IBGE-DF) , seis anos após fogo acidental. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 67, abril. p. 64-67.
- Sato, M.N. 2003. Efeito a longo prazo de queimadas prescritas na estrutura da comunidade de lenhosas da vegetação do Cerrado *sensu stricto*. Tese (Doutorado em Ecologia). Universidade de Brasília. Brasília
- Sevilha, A.C.. 1999. Composição florística e fitossociologia da Mata do Capetinga 10 anos após um incêndio. 250 f.. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Universidade de Brasília.
- Schiavini, I. 1997. Environmental Characterization and Groups of Species in Gallery Forests. In: International Symposium on Assessment and Monitoring of Forests in Tropical Dry Regions with, Special Reference do Gallery Forests, 1996, Brasília, DF. **Proceedings**. Brasília: University of Brasília., p. 107-113. Editado por J. IMANÃ-ENCINAS E C. KLEIN.
- Schiavini, I. 1992. Estrutura das comunidades arbóreas de Matas de Galeria da Estação Ecológica de Panga (Uberlândia, MG.). Tese (Doutorado em) Instituto de Biologia-UNICAMP, Campinas..
- Schiavini, I.; Resende, J.C.F.; Aquino, F.G. 2001. Dinâmica de populações de espécies arbóreas em Matas de Galeria e Mata Mesófila na margem do Ribeirão Panga, MG.. In: **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. Ed. Embrapa Cerrados. Planaltina – DF, p. 267-299.
- Silva Júnior, M.C. 2001. Comparação entre Matas de Galeria no DF e a efetividade do código florestal na proteção de sua diversidade arbórea. In: **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 15 (1), p. 139-146.
- Silva Júnior, M.C. 1998. Comunidades de árvores e sua relação com os solos na Mata do Pitoco, Reserva Ecológica do IBGE, Brasília-DF. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, p.29-40.
- Silva Júnior, M.C. 1997. Relationships between tree communities of the Pitoco, Monjolo and Taquara gallery forests and environmental factors. In: International Symposium on Assessment and Monitoring of Forests in Tropical Dry Regions with, Special Reference do Gallery Forests, 1996, Brasília, DF. **Proceedings**. Brasília: University of Brasília. p. 287-298. Editado por J. IMANÃ-ENCINAS E C. KLEIN.
- Silva Júnior, M.C. 1995. Tree communities of the gallery forests of the IBGE Ecological Reserve, Federal District, Brazil. Edinburgh University. Edinburgh. 257 p. Ph.D. Thesis.
- Silva Júnior, M.C.; Furley, P.A.e Ratter, J.A. 1996. Variations in tree communities and soils with slope in gallery forest, Federal District, Brazil. In: ANDERSON, M.G.; BROKS, S.M.,ed. **Advances in Hillslope Process**. Chinchester, UK J. Wiley.,. p. 451-469.

- Souza J. S.; Espírito-Santo F. D. B.; Fontes, M. A. L.; Oliveira-Filho A. T. e Botezelli L.. 2003. Análise das Variações Florísticas e Estruturais da Comunidade Arbórea de um Fragmento de Floresta Semidecídua às margens do Rio Capivari, Lavras-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.2, p.185-206.
- Souza, J. 2002. Regeneração arbórea, seis anos após fogo acidental, na mata de galeria do Pitoco na Reserva Ecológica do IBGE, em Brasília. 69 f.. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Departamento de Engenharia Florestal (Publicação EFLM017) Universidade de Brasília, Brasília.
- Spiegel, M.R, 1976. Estatística. McGraw Hill. São Paulo. 580 p.
- Spurr, S.H.; Barnes, V.D. 1992. Forest Ecology. 3rd ed. MALABAR, F.L.: Krieger Publishing Company,.
- Swaine, M.D.; Whitmore, T.C.. 1988. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetatio**, Dordrecht, v. 75. p-81-86.
- ter Braak, C.J.F. 1999.Canoco for Windows- version 4.02. Centre for Biometry Wageningen. Netherlands.
- ter Braak, C.J.F. 1995. Ordination.. In: R.H.G.Jongman; C.J.F. ter Braak & O.F.R. van Tongeren (eds.). Data analysis in community and landscape ecology.Cambridge, Cambridge University Press. Pp. 91-173.
- Trichon, V.; Walter, J.M.N.; Laumonier, Y. 1998. Identifying spatial patterns in the tropical rain forest structure using hemispherical photographs. **Plant ecology**, v.137, p. 227-244.
- Turner, I.M. 2001.The ecology of trees in the tropical rainforest. Cambridge: Cambridge University Press, 298 p.
- UNESCO. 2000. Vegetação no DF: tempo e espaço. Brasília. 74 p.
- van den Berg, E. V. D. 1995. Estudo florístico e fitossociológico de uma floresta ripária em Itutinga, MG, e análise das relações entre variáveis ambientais e a distribuição das espécies de porte arbóreo-arbustivo. Tese de Mestrado. Universidade Federal de Lavras.
- van den Berg. E; Santos, F.A.M. Aspectos da variação ambiental em uma floresta de galeria em Itutinga, MG, Brasil. **Ciência Florestal**, v.13, n.2, p-93-98, 2003.
- van den Berg. E; Oliveira-Filho A. T.1999. Spatial partitioning among tree species within na área of tropical montane gallery forest in south-eastern Brasil. **Flora**. v. 194. p. 249-266.
- Vettorato, J.A. 2003. Mapeamento da fertilidade do solo utilizando sistema de informação geográfica. 92 f... Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu.
- Walter, B,M,T. 2006. Fitofisionomias do bioma Cerrado:síntese terminológica e relações florísticas. Brasília, UnB, 373 p. Tese de Doutorado.
- Walter, B,M,T. 1995. Distribuição espacial de espécies perenes em uma Matas de Galeria inundável no DF: Florística e fitossociologia. 200 f.. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília.

- Walter, B.M.T. e Ribeiro, J.F. 1997. Spatial Floristic Paterns in Gallery Forests in the Cerrado Region, Brazil. In: International Symposium on Assessment and Monitoring of Forests in Tropical Dry Regions with, Special Reference do Gallery Forests, 1996, Brasília, DF. **Proceedings**. Brasília: University of Brasília. p. 339-349. Editado por J. IMANÃ-ENCINAS E C. KLEIN.
- Ward, J. H. 1963. Hierachical grouping to optimise an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, Washington, v.162, n.2, p.236-244.
- Whitmore, T. C. 1996. A Review of Some Aspectes of Tropical Rain Forest Seedliing Ecology with Suggestions for Further Enquiry. In Swaine, M.D.; (Ed.). *The Ecology of Tropical Tree Seedlings*. Unesco/Pathernon, Paris. p. 03-40.
- Whitmore, T.C. 1990. *An introduction to tropical rain forest*.Oxford: Claredon Press.
- Whitmore, T. C. 1988. The influence of tree populations dynamics on forest species composition. In: A. J. Davy, M. J. Hutchings and A. R. Watkinson (eds.). *Plant population ecology*. London : Blackwell Scientific Publications. p. 271-291.
- Whitmore, T.C. 1975. *Tropical rain forests of the far east*. Oxford: Clarendon Press.
- Williams-Linera, G. 1990. Vegetation structure andenvironmental conditions of forest edges in Panama. **Journal of Ecology**, Oxford, v.78, p. 356-373.
- Willson, M.F. & Crome, F.H.J. 1989. Patterns of seed rainat the edge of a tropical Queensland rain forest. **Journalof Tropical Ecology**, v.5, p.301-308.