

**COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DE UMA COMUNIDADE
SAVÂNICA EM GRADIENTE TOPOGRÁFICO NO
MUNICÍPIO DE CORUMBATAÍ (SP, BRASIL)**

MARCELO HENRIQUE ONGARO PINHEIRO

**Tese apresentada ao Instituto de Biociências
da Universidade Estadual Paulista “Julio de
Mesquita Filho”, Campus de Rio Claro, para
a obtenção do título de Doutor em Ciências
Biológicas (Área de Concentração: Biologia
Vegetal)**

**Rio Claro
Estado de São Paulo – Brasil
Fevereiro de 2006**

**COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DE UMA
COMUNIDADE SAVÂNICA EM GRADIENTE
TOPOGRÁFICO NO MUNICÍPIO DE
CORUMBATAÍ (SP, BRASIL)**

MARCELO HENRIQUE ONGARO PINHEIRO

Orientador: Prof. Dr. REINALDO MONTEIRO

**Tese apresentada ao Instituto de Biociências
da Universidade Estadual Paulista “Julio de
Mesquita Filho”, Campus de Rio Claro, para
a obtenção do título de Doutor em Ciências
Biológicas (Área de Concentração: Biologia
Vegetal)**

**Rio Claro
Estado de São Paulo – Brasil
Fevereiro de 2006**

581.5 Pinheiro, Marcelo Henrique Ongaro
P654c Composição e estrutura de uma comunidade savânica em
gradiente topográfico no município de Corumbataí (SP,
Brasil) / Marcelo Henrique Ongaro Pinheiro. – Rio Claro :
[s.n.], 2006
119 f. : il., tabs.

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Reinaldo Monteiro

1. Ecologia vegetal. 2. Comunidades vegetais. 3.
Florística. 4. Fitossociologia. 5. Cerrado. I. Título.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	ii
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
Referências bibliográficas.....	2
CAPÍTULO 1. Contribuição às discussões sobre a origem do bioma cerrado no neotrópico.....	4
1.1. As savanas tropicais.....	4
1.2. As savanas neotropicais.....	5
1.3. A origem do cerrado <i>sensu lato</i> : considerações iniciais.....	8
1.4. Savanas neotropicais: evidências florísticas e paleontológicas.....	9
1.5. A complexa interação de fatores abióticos.....	12
1.6. Conclusões.....	17
1.7. Referências bibliográficas.....	19
CAPÍTULO 2. Produção e decomposição de serapilheira em duas fisionomias savânicas em Corumbataí, Estado de São Paulo.....	29
2.1. Introdução.....	29
2.2. Material e métodos.....	30
2.2.1. Área de estudo.....	30
2.2.2. Ciclagem de nutrientes no fragmento savânico de Corumbataí.....	32
2.2.2.1. Decomposição de serapilheira.....	32
2.2.2.2. Produção de serapilheira.....	33
2.2.2.3. Análise estatística.....	34
2.3. Resultados.....	35
2.3.1. Decomposição de serapilheira.....	35
2.3.2. Produção de serapilheira.....	36
2.3.3. Análises de correlação.....	41
2.4. Discussão.....	44
2.5. Referências bibliográficas.....	47
CAPÍTULO 3. Influência abiótica na composição e estrutura de fisionomias savânicas em Corumbataí, Estado de São Paulo.....	51
3.1. Introdução.....	51
3.2. Material e métodos.....	52
3.2.1. Área de estudo.....	52
3.2.2. Procedimento de campo.....	53
3.2.3. Análise fitossociológica.....	54
3.2.4. Análises estatísticas.....	55
3.3. Resultados.....	56
3.3.1. Ocorrência das fisionomias.....	56
3.3.2. Análises físico-químicas edáficas.....	57
3.3.3. Levantamentos florístico e fitossociológico.....	58
3.3.4. Análises estatísticas.....	72
3.4. Discussão.....	76
3.5. Referências bibliográficas.....	87
CAPÍTULO 4. Distribuição espaço-temporal de fisionomias savânicas em um fragmento no sudeste brasileiro: 1962-2005.....	100
4.1. Introdução.....	100
4.2. Material e métodos.....	101
4.2.1. Características da área de estudo.....	101
4.2.2. Mapeamento das fisionomias.....	102
4.2.3. Coleta de solo.....	103
4.2.4. Análise geoestatística.....	103
4.3. Resultados.....	104
4.4. Discussão.....	108
4.5. Referências Bibliográficas.....	112
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	118

Por certo, o saber não é honrado em nossos dias, no reino de França (...). Não é raro ver em nosso século um homem hábil num sótão sem fogo nem vela. (...). Sou um exemplo disso.

Pe Jerome Coignad (“*La Rôtisserie de la Reine Pédauque*”, Anatole France, 1893).

Dedico à minha querida mãe

NADIR APARECIDA ONGARO PINHEIRO

(in memoriam)

Agradecimentos

Agradeço à minha esposa e ao meu filho as calorosas acolhidas após os períodos de ausência, o incentivo e a confiança reconfortantes. Sem a presença constante de Sandra e Rafael, não teria conseguido...

Aos meus pais, Felipe e Nadir Pinheiro, que me conduziram por toda uma vida, e que tiveram participação marcante em minha formação moral e intelectual. Eles nunca faltaram quando precisei.

Aos meus sogros, Sr. Jorge e Dona Neide, por terem-me como a um filho.

Às outras duas mulheres que me ensinaram e me protegeram nessa vida, minhas avós Cecília e Florinda. Não puderam ver esse momento do neto traquinas...

Ao Prof. Dr. Reinaldo Monteiro, pela oportunidade concedida. Agradeço sua orientação paciente e serena. Sempre presente, ensinou-me não apenas Botânica, mas muito sobre a vida.

Ao meu irmão Gustavo, pelo companheirismo e todo o apoio. E ao meu cunhado Vinícius Bim, pela amizade, constante interesse e atenção.

Ao meu primo Fernando Cavini, sempre disposto a ajudar com grandes doses de alegria e otimismo.

Aos professores e ex-docentes do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da UNESP, *campus* de Rio Claro: Vera Lúcia Scatena, Lazara Cordeiro, Adelita Sartori Paoli, Patrícia Morellato, Marco Antonio de Assis, Vitor Cardoso, Masanori Takaki, Antonio Furlan, Oswaldo Cesar, Gustavo Habermann e Marco Aurélio Pizo pelo apoio, sugestões, amizade, incentivo e ensinamentos.

Ao professor Flávio Schlittler, do Departamento de Ecologia (UNESP - Rio Claro), pelo auxílio com a metodologia de ciclagem de nutrientes e pelo empréstimo das bandejas coletoras de serapilheira, metade do número utilizado no experimento. À professora Patrícia Morellato pelas demais bandejas coletoras utilizadas.

Aos professores e pesquisadores Leopoldo Magno Coutinho, Jeanine Felfili M. Haridasan, Giselda Durigan e Gustavo Habermann pelas orientações e sugestões. E a esses dois últimos pela leitura do capítulo 1.

Agradeço aos membros da banca pela participação, orientações e sugestões que permitirão o aprimoramento de minha tese de doutorado.

Aos amigos e profissionais do departamento de Botânica (UNESP - Rio Claro) Valnice Rampim, Célia Helbling, Edward Bociej, por toda a ajuda. E um agradecimento

especial ao José “Zi” Cecílio Toledo pela grande ajuda na instalação das parcelas no campo.

Agradeço a CAPES pela bolsa de doutorado concedida.

Ao Sr. Mário José Galdini, meteorologista amador, pelos dados climáticos de Corumbataí utilizados no capítulo 2 desta tese.

Aos companheiros de república Gil Manzatto, Adelar Mantovani, Pedro “Garotão” Felício e Eduardo “Gaúcho” Gross, pela convivência, ajuda e boas risadas.

À amiga Renata G. Udulutsch, pelos ensinamentos e incentivo. Agradeço toda a sua atenção e gentileza.

Ao amigo e camarada Thiago “Bizú” S. de Azevedo pela inestimável ajuda em diferentes etapas do projeto.

Aos amigos Édson “Trator” Simão, Leandro “Mineiro” Jamerson Fonseca, Fábio “Fálcão” Diniz pelo companheirismo, e pela providencial participação nos trabalhos de campo e, certamente, pelas boas risadas de piadas nem sempre boas. Agradeço também ao Murilo “das formigas”, um eficiente auxiliar de campo e um bom amigo.

Agradeço aos amigos e companheiros do curso de pós-graduação em Biologia Vegetal: Alessandra, Ângela, Aline, Michele, Adriana Nakamura, Suzana, Rita, Tutti, Adriana Simões, Valesca, Eliana, João Tannus, Aloysio “Bebê”, Eduardo, Luis Alberti, Rubim, Denise Braz, Denise Cavalcante, Maria Antonia, Julieta, Leslie, Frederico Guilherme, Luciana, Débora, Guilherme Takeda, Paulinha e Antonio por terem conseguido aplacar a saudade de casa, pelo menos um pouco. Agradeço a todos pelo companheirismo, apoio e incentivo.

Agradeço a todas as pessoas que de alguma maneira contribuíram para a realização das diferentes atividades que culminaram nesta tese de doutorado.

Agradeço do fundo de minha alma às inspirações vindas com o vento, sopradas em minha face, sempre como um pequeno milagre. Elas conduziram-me incessantemente. Em nenhum momento senti-me só... Essa aragem está presente em todos os lugares...

Lista de figuras

Capítulo 2 - Produção e decomposição de serapilheira em duas fisionomias savânicas em Corumbataí, Estado de São Paulo	
Figura 1 – Distribuição de precipitação e temperaturas médias no remanescentes estudado (1941/1970).....	31
Figura 2 – Variação das temperaturas médias mínimas e médias máximas e a pluviosidade na área de estudo, entre os anos de 2002 a 2004.....	31
Figura 3 – Perda de matéria orgânica vegetal por decomposição nas duas fisionomias, no período de 2002 a 2004.....	36
Figura 4 – Produção de serapilheira total nas duas fisionomias savânicas no período de 2002 a 2004.....	37
Figura 5 – Produção de folhas nas duas fisionomias savânicas no período de 2002 a 2004.....	38
Figura 6 – Produção de material fértil nas duas fisionomias savânicas no período de 2002 a 2004.....	39
Figura 7 – Produção de ramos e gravetos nas duas fisionomias savânicas no período de 2002 a 2004.....	40
Figura 8 – Produção de material indiferenciado nas duas fisionomias savânicas no período de 2002 a 2004.....	41
Figura 9 – Gráficos de dispersão entre decomposição e produção de componentes da serapilheira total, referentes ao cerrado <i>s.s.</i> (ce) e cerradão (cd), e os fatores climáticos analisados, e os respectivos coeficientes de correlação (r). A – 1º ano de decomposição no ce e temperaturas médias mínimas (r=0,70); B – 1º ano de produção de ramos no ce e temperaturas médias máximas (r=0,72); C – 1º ano de produção de ramos e gravetos no ce e temperaturas médias mínimas (r=0,67); D – 1º ano de produção de material indiferenciado no ce e temperaturas médias máximas (r=0,64); E – 1º ano de decomposição no cd e temperaturas médias máximas (r=0,64); F – 2º ano de produção de material fértil no cd e temperaturas médias altas (r=0,62); G – 1º ano de decomposição no cd e temperaturas médias mínimas (r=0,76); H – 2º ano de decomposição no cd e temperaturas médias mínimas (r=0,70)	43
Capítulo 3 – Influência abiótica na composição e estrutura de fisionomias savânicas em Corumbataí, São Paulo	
Figura 1 – Fragmento de cerrado estudado em Corumbataí, Estado de São Paulo, com a localização das parcelas e distribuição aproximada das duas fisionomias, cerradão e cerrado <i>s.s.</i>	57
Figura 2 – Diagrama de ordenação das espécies com pelo menos dez indivíduos nas 43 parcelas e variáveis ambientais (arei fina – <i>areia fina</i> ; arei gro – <i>areia grossa</i> ; M.O. – <i>matéria orgânica</i> ; H+Al – <i>acidez potencial</i>) nos dois primeiros eixos de ordenação na análise de correspondência canônica (CCA). As letras representam os grupos de parcela A, B, C e D.....	74
Figura 3 – Diagrama de ordenação das espécies com pelo menos dez indivíduos encontradas no campo amostral (43 parcelas) e variáveis ambientais (arei fina – <i>areia fina</i> ; arei gro – <i>areia grossa</i> ; M.O. – <i>matéria orgânica</i> ; H+Al – <i>acidez potencial</i>) nos dois primeiros eixos de ordenação na análise de correspondência canônica (CCA). As letras representam os grupos de parcela A, B e C.....	75
Figura 4 – Diagrama de ordenação das 43 parcelas, definido segundo seus respectivos descritores fitossociológicos (13 descritores) e variáveis ambientais (arei fina – <i>areia fina</i> ; arei gro – <i>areia grossa</i> ; M.O. – <i>matéria orgânica</i> ; H+Al – <i>acidez potencial</i>) nos dois primeiros eixos de ordenação na análise de correspondência canônica (CCA). As letras representam os grupos de parcela A, B e C.....	76
Capítulo 4 – Distribuição espaço-temporal de fisionomias savânicas em um fragmento no sudeste brasileiro: 1962-2005	
Figura 1 – Variação espaço-temporal da ocupação do cerradão no fragmento de cerrado estudado em Corumbataí, em um período de 43 anos de supressão de incêndios.....	106
Figura 2 – Mapas isopléticos, obtidos através da krigagem ordinária, com a distribuição das porcentagens dos componentes da textura edáfica no cerrado de Corumbataí.....	107
Figura 3 – Localização dos pontos de coleta de solo no fragmento de cerrado em Corumbataí, Estado de São Paulo.....	108

Lista de tabelas

Capítulo 2 - Produção e decomposição de serapilheira em duas fisionomias savânicas em Corumbataí, Estado de São Paulo	
Tabela 1 – Valores para os coeficientes de correlação de Pearson (r) entre as médias mensais de precipitação (pr), médias das temperaturas máximas (ma) e médias das temperaturas mínimas (mi), nos dois anos de estudo (1 a. e 2 a.), e as taxas de decomposição (decomp.), de produção total de serapilheira (serap.) e das quatro frações de da serapilheira produzida: folhas, material fértil (m. fért.), ramos e gravetos (ramos), e material indiferenciado (m. in.), encontradas nas duas fisionomias: cerrado <i>stricto sensu</i> (<i>s.s.</i>) e cerradão, na reserva de cerrado de Corumbataí, Estado de São Paulo. O nível de significância foi igual a 0,05.....	42
Capítulo 3 – Influência abiótica na composição e estrutura de fisionomias savânicas em Corumbataí, São Paulo	
Tabela 1 – Valores das análises químicas edáficas para as amostras de solos coletadas (0-40 cm) nas parcelas em ambas as fisionomias. Os valores de K, Ca, Mg, H+Al, SB e CTC foram medidos em mmol _c /dm ³	58
Tabela 2 – Valores da análise granulométrica para as amostras de solos coletadas (0-40 cm) nas parcelas em ambas as fisionomias. A notação utilizada para os valores de textura foi a porcentagem.....	58
Tabela 3 – Relação florística das espécies arbustivo-arbóreas da reserva de cerrado de Corumbataí. Abreviações das espécies incluídas nas análises de correlação canônica (CCA) e utilizadas na figura 3.....	59
Tabela 4 – Valores para os descritores fitossociológicos das populações encontradas em toda a área amostrada no cerrado de Corumbataí. N.I. – Número de indivíduos. N.A. – Número de parcelas que a espécie ocorreu. De.R. – Densidade Relativa. Do.R. – Dominância relativa. Fr.R. – Frequência relativa. VI – Valor de importância.....	63
Tabela 5 – Valores para os descritores fitossociológicos para as populações encontradas no cerradão, encontrado no fragmento de cerrado de Corumbataí. N.I. – Número de indivíduos. N.A. – Número de parcelas que a espécie ocorreu. De.R. – Densidade Relativa. Do.R. – Dominância relativa. Fr.R. – Frequência relativa. VI – Valor de importância. Al.Ma. – Altura máxima. Al.Me. – Altura média. Di.Ma. – Diâmetro máximo. Di.Me. – Diâmetro médio.....	66
Tabela 6 – Valores para os descritores fitossociológicos para as populações encontradas no cerrado <i>s.s.</i> , encontrado no fragmento de cerrado de Corumbataí. N.I. – Número de indivíduos. N.A. – Número de parcelas que a espécie ocorreu. De.R. – Densidade Relativa. Do.R. – Dominância relativa. Fr.R. – Frequência relativa. VI – Valor de importância. Al.Ma. – Altura máxima. Al.Me. – Altura média. Di.Ma. – Diâmetro máximo. Di.Me. – Diâmetro médio.....	68
Tabela 7 – Descritores fitossociológicos referentes às parcelas instaladas ao longo de um transecto no cerrado de Corumbataí. No.Ind. – Número de indivíduos na parcela. No.Sp – Número de espécies na parcela. Ar.Bs – Área basal. Do.Me – Dominância média. Al.Ma – Altura máxima. Al.Me – Altura média. Di.Mi – Diâmetro mínimo. Di.Ma – Diâmetro máximo. Di.Me – Diâmetro médio. Vol – Volume total. Vo.Me – Volume médio. Vo.Re – Volume relativo. Do.Ab – Dominância absoluta.....	71
Tabela 8 – Médias dos descritores: número de espécies (n.spp.), área basal (ar.bas.), altura média (alt.med.), diâmetro mínimo (dia.min.) e dominância absoluta (dom.abs.) das duas fisionomias, obtidas para as parcelas agrupadas segundo as fisionomias analisadas. As médias abaixo apresentaram diferenças significativas no teste-t ($\alpha = 0,05$).....	72
Tabela 9 – Relação dos fatores ambientais utilizados pela CCA e de suas correlações internas com os eixos de ordenação 1 e 2; e valores obtidos pela matriz de correlação entre os fatores ambientais. M.O. – matéria orgânica; H+Al – acidez potencial; corr. – correlações; comp. – composição; estrut. – estrutura; ar. fin. – areia fina e ar. gr. – areia grossa. Correlações com valores $\geq 0,5$ em negrito.....	73
Capítulo 4 – Distribuição espaço-temporal de fisionomias savânicas em um fragmento no sudeste brasileiro: 1962-2005	
Tabela 1 – Variação da cobertura das duas fisionomias savânicas encontradas em remanescente localizado em Corumbataí, SP, em diferentes anos, em porcentagem, em um período de 43 anos sem incêndios.....	105
Tabela 2 – Taxas de variações da área ocupada pelo cerradão, no fragmento savânico em Corumbataí, em diferentes períodos, em 43 anos de supressão de incêndios.....	105

Resumo - COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DE UMA COMUNIDADE SAVÂNICA EM GRADIENTE TOPOGRÁFICO NO MUNICÍPIO DE CORUMBATAÍ (SP, BRASIL) - A presente tese foi desenvolvida em um fragmento de cerrado, protegido de incêndios por 43 anos, localizado no município de Corumbataí, Estado de São Paulo, onde puderam ser encontradas duas fisionomias savânicas, i.e., cerrado *stricto sensu* (*s.s.*) e cerradão. O objetivo foi analisar diferenças estruturais e florísticas, bem como diferenças na produção e decomposição de serapilheira, entre as duas fisionomias, inferindo, além disso, sobre possíveis influências abióticas. Para isso foram instaladas 43 parcelas com 10 m x 20 m, ao longo de um transecto, ao longo de uma declividade de cerca 70 m, existente no fragmento de 38,7 hectares. No interior dessas parcelas, que totalizaram uma área de 8.600 m², todos os vegetais arbustivo-arbóreos com no mínimo 1,50 m de altura foram numerados, e obtidas suas medidas de altura, e do perímetro a 30 cm do solo. Todos os vegetais foram identificados, e alguns, que apresentaram estruturas férteis, foram incluídos no Herbário Rioclarense (HRCB). No estudo da decomposição, com duração de dois anos, foi utilizada a metodologia das bolsas de decomposição: 10 pontos foram alocados em ambas as fisionomias e, em cada ponto, para cada ano, 12 bolsas foram posicionadas junto ao solo, e mensalmente, uma bolsa em cada um dos 20 pontos foi coletada. O material remanescente era secado e pesado, posteriormente. Para a análise de produção de serapilheira foi utilizado o método das bandejas coletoras. Para tanto, 20 bandejas de 0,25 m² foram posicionadas em cada uma das fisionomias. Mensalmente, todo o material encontrado no interior das 40 bandejas era recolhido e, em uma etapa seguinte, foi realizada a separação de 4 frações componentes da serapilheira total: folhas, ramo e graveto, material fértil e material indiferenciado. Cada uma dessas frações era secada até atingir o peso seco, e pesada. O estudo da produção de serapilheira também durou 2 anos. As consequências da ausência do fogo por quatro décadas, quanto à distribuição espaço-temporal de ambas as fisionomias, foi avaliada a partir de fotografias aéreas e de análise geoestatística, i.e., da krigagem, que tentou definir a provável distribuição de diferentes componentes da textura edáfica, considerados nessa análise, como prováveis agentes de influência. Os resultados, baseados em 12.620 indivíduos arbustivo-arbóreos identificados e medidos nas parcelas, sugeriram influência da textura edáfica, na definição de diferenças na composição e estrutura entre o cerrado *s.s.* e cerradão, não sendo encontrada qualquer relação com a topografia. Não foram encontradas diferenças significativas entre a decomposição da serapilheira entre as fisionomias, havendo, contudo, maior perda no cerradão em boa parte do período de duração do experimento. Diferenças significativas foram encontradas entre a produção de serapilheira total e de suas frações componentes, sendo maior no cerradão, em boa parte dos dois anos de duração dessa análise. Foram encontradas prováveis correlações entre os componentes climáticos analisados, e.g. temperaturas médias máximas e mínimas, e a produção e decomposição de serapilheira em determinados períodos do estudo. Diferenças na distribuição dos componentes da textura edáfica, inferida pela krigagem, influenciando uma maior ou menor capacidade de retenção hídrica edáfica, foi considerada como um fator preponderante na variação da expansão do cerradão, que ocupou, inicialmente, solos com porcentagens maiores de argila e areia fina, expandindo, posteriormente, por áreas antes ocupadas pelo cerrado *s.s.* A supressão do fogo também facilitou a ocupação do fragmento por espécies sensíveis ao fogo, que puderam influenciar nas diferenças florísticas e estruturais encontradas entre ambas as fisionomias. Longos períodos de supressão de incêndios, em fragmentos similares ao estudado em Corumbataí, podem ser limitantes para a permanência de espécies encontradas, com frequência, no cerrado *s.s.*

Abstract - COMPOSITION AND STRUCTURE OF A SAVANNA COMMUNITY IN A TOPOGRAPHIC GRADIENT IN THE DISTRICT OF CORUMBATAÍ (SP, Brazil)

- The present thesis focuses on a cerrado fragment, protected from fires for 43 years and located in the municipality of Corumbataí, State of São Paulo, which presents two savanna physiognomies, namely cerrado *sensu stricto* (*s.s.*) and *cerradão*. It aims at analyzing the structural and floristic differences, as well as differences in the production and decomposition of organic litter, between both physiognomies, inferring, besides, possible abiotic influences. To do so, forty-three 10 m x 20 m plots were delimited along a transect in circa 70 m slope located in this 38.7 hectares fragment. Within these plots, in a total area of 8,600 m², all the shrubs and trees over 1.50 m high were numbered, and their height and perimeter at 30 cm above the soil were measured. All the plants were identified, and the species vouchers were included in the Herbarium Rioclarense (HRCB). The decomposition study, which lasted two years, used the decomposition bag methodology: 10 spots were chosen in both physiognomies to receive, every year, 12 bags placed on the ground. One of these bags was collected monthly from each of these 20 spots. The collected material was later dried and weighed. The analysis of the organic litter production employed the collecting tray method for two consecutive years, with twenty 0.25 m² trays placed in each physiognomy. All the material found in the 40 trays was collected monthly and a following step consisted in separating 4 component fractions from the total organic litter: leaves, branches and twigs, fertile material and undifferentiated material. Each fraction was dried until dry weight was reached, and weighed. The consequences the absence of fire in four decades on the space time distribution of both physiognomies were assessed based on aerial photographs and geostatistical analysis, i.e. the kriging method, which attempted to define the probable distribution of different components of the soil texture, considered, in this analysis, as the probable influence agents. Based on 12.620 shrub and tree individuals identified and measured in the plots, the results suggested the influence of the soil texture on the definition of differences in the composition and structure between cerrado *s.s.* and *cerradão*, whereas no relationships with topography were found. There were no significant differences in organic litter decomposition between both physiognomies, although there was a greater loss in the *cerradão* during most of the experiment. Significant differences were found in the production of total organic litter, which was higher in the *cerradão*, and in its component fractions during most of this two-year analysis. Some probable correlations between the climatic components analyzed, e.g. maximum and minimum mean temperatures, and the production and decomposition of organic litter in given periods of the study were pointed out. Differences in the component distribution of the soil texture, inferred through kriging, which influenced the greater or lesser capacity of soil water retention, were considered as a crucial factor in the variation of the *cerradão* expansion, which first occupied soils with higher percentages of clay and fine sand before expanding to areas previously occupied by cerrado *s.s.* The suppression of fires also facilitated the occupation of the fragment by species sensitive to fire that may influence the floristic and structural differences found between both physiognomies. In fragments similar to those studied in Corumbataí, long periods of absence of fires can be limiting factors for the permanence of species usually found in cerrado *s.s.*

INTRODUÇÃO GERAL

INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, a fragmentação da matriz vegetacional de diferentes fitocenoses infligida pela intensificação de práticas agropastoris, como ocorreu em décadas progressas, por exemplo, em diferentes períodos nas florestas atlântica e estacional semidecidual no Estado de São Paulo (Viana & Tabanez, 1996) e na floresta amazônica (Cochrane, 2001), não poderia ter excluído o cerrado brasileiro (Ratter et al., 1997), uma das formações vegetais consideradas altamente prioritárias para a conservação mundial (Myers et al., 2000). No Estado paulista a drástica redução das áreas de cerrado em um período de 30 anos, com o conseqüente aumento do número de fragmentos savânicos, muitos deles com menos de 10 ha (Kronka et al., 1998), assim como o grau de isolamento desses fragmentos, representa um alto risco para a conservação desses remanescentes (Saunders et al., 1991).

Estudos envolvendo comunidades vegetais em fragmentos e remanescentes de diferentes fitocenoses podem culminar para o aumento da compreensão da influência de fenômenos, tais como competição interespecífica, características edáficas e topográficas, alterações do ambiente físico, resiliência de populações vegetais, regimes de perturbação, introdução de espécies, ciclagem de nutrientes, e a composição e estrutura vegetacional para a dinâmica desses fragmentos (Remmert, 1991; Terborgh, 1992; Pimm, 1993; D'Antonio & Dudley, 1995; Mueller-Dombois, 1995). Mesmo o conhecimento das características progressas dos biomas, i.e., conhecimentos paleoecológicos e paleoclimáticos obtidos através, e.g., de palinomorfos, fósseis de comunidades vegetais e animais, e fácies sedimentares, podem fornecer valiosas informações sobre as origens de diferentes formações vegetais (Laporte, 1982; Mendes, 1988), completando a caracterização de um bioma a ser conservado.

A presente tese de doutorado teve como objetivo analisar as características florísticas e fitossociológicas de um fragmento savânico, no município de Corumbataí, Estado de São Paulo, na tentativa de estabelecer a existência de diferenças quanto à composição e estrutura, bem como na produção e decomposição de serapilheira, entre duas fisionomias savânicas, encontradas no referido fragmento. Foi abordada também uma análise sobre a variação espaço-temporal das duas fisionomias, no fragmento estudado, na ausência de incêndios ao longo de décadas. Foram discutidas, em um capítulo a parte, diferentes hipóteses sobre a origem do bioma cerrado no neotrópico,

como uma contribuição para o entendimento sobre a origem evolutiva dos cerrados no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COCHRANE, M.A. 2001. Synergistic interactions between habitat fragmentation and fire in evergreen tropical forest. **Conservation Biology**. 15(6): 1515-1521.
- D'ANTONIO, C.M., DUDLEY, T.L. 1995. Biological invasions as agents of change on islands versus mainlands. MUELLER-DOMBOIS, D. Biological diversity and disturbance regimes in island ecosystems. In: VITOUSEK, P.M., LOOPE, L.L., ADSERSEN, H. (eds.). **Islands, biological diversity and ecosystem function**. Berlin: Springer-Verlag. p. 103-121.
- KRONKA, F.A., NALON, M.A., MATSUKUMA, C.K., PAVÃO, M., GUILLAUMON, J.R., CAVALLI, A.C., GIANNOTTI, E., YWANE, M.S.S.I., LIMA, L.M.P.R., MONTES, J., CALI, I.H.D., HAACK, P.G. 1998. **Áreas de domínio do cerrado no Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente. 84p.
- LAPORTE, L.F. 1982. **Ambientes antigos de sedimentação**. São Paulo: Edgard Blücher. 145p.
- MENDES, J.C. 1988. **Paleontologia básica**. São Paulo: T.A. Queiroz, EDUSP. 347p.
- MUELLER-DOMBOIS, D. 1995. Biological diversity and disturbance regimes in island ecosystems. In: VITOUSEK, P.M., LOOPE, L.L., ADSERSEN, H. (eds.). **Islands, biological diversity and ecosystem function**. Berlin: Springer-Verlag. 163-175.
- MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., FONSECA, G.A.B., KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**. 403(6772): 853-858.
- PIMM, S.L. 1993. Biodiversity and the balance of nature. In: SCHULZE, E.D., MOONEY, H.A. (eds.). **Biodiversity and ecosystems function**. Berlin: Springer-Verlag. p. 347-359. 525p.
- RATTER, J.A., RIBEIRO, J.F., BRIDGEWATER, S. 1997. The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany**. 80(3): 223-230.
- REMMERT, H. 1991. The mosaic-cycle concept of ecosystems – an overview. In: REMMERT, H. (ed.). **The mosaic-cycle concept of ecosystems**. Berlin: Springer-Verlag. p. 1-2.

- SAUNDERS, D.A., HOBBS, R.J., MARGULES, C.R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. **Conservation Biology**. 5(1): 18-32.
- TERBORGH, J. 1992. Maintenance of diversity in tropical forests. **Biotropica**. 24(2b): 283-292.
- VIANA, V.M., TABANEZ, A.A.J. 1996. Biology and conservation of forest fragments in the Brazilian Atlantic moist forest. In: SCHELHAS, J., GREENBERG, R. (eds.). **Forest patches in tropical landscapes**. Washington (DC): Island Press. p. 151-167.

Capítulo 1

CONTRIBUIÇÃO ÀS DISCUSSÕES SOBRE A ORIGEM DO BIOMA CERRADO NO NEOTRÓPICO

Capítulo 1

CONTRIBUIÇÃO ÀS DISCUSSÕES SOBRE A ORIGEM DO BIOMA CERRADO NO NEOTRÓPICO

1.1. As savanas tropicais

Nas regiões tropicais do mundo, ocorrem formações vegetais denominadas savanas. São definidas como ecossistemas compostos por estrato herbáceo, muitas vezes contínuo ou compartilhando o espaço com estratos arbustivos e arbóreos, que variam na intensidade de cobertura (Furley & Newey, 1983; Solbrig, 1996). Normalmente, as savanas ocorrem por influência edáfica ou pela ação do fogo, muitas vezes de origem antrópica (Richards, 1952). Além desses fatores, o clima pode ser determinante para o estabelecimento e definição de fisionomias savânicas (Solbrig, 1996). Na África, e.g., podem ser encontradas savanas em região mais seca no norte do continente, onde o predomínio de indivíduos arbustivo-arbóreos é menor (Furley & Newey, 1983). Os solos são altamente lixiviados e arenosos. Em geral, possuem baixa capacidade de troca catiônica, são pobres em fósforo e nitrogênio e ricos em alumínio e ferro. O clima das regiões savânicas tropicais apresenta variações sazonais com altas e baixas temperaturas, bem como estações chuvosa e de seca definidas (Solbrig, 1996). A composição florística das savanas tropicais é amplamente variável. A vegetação lenhosa é composta por espécies e gêneros característicos dos diferentes continentes, e.g., nas savanas africanas podem ser encontradas *Commiphora africana* (A. Rich.) Engl. (Burseraceae), *Uapaca togoensis* Pax (Euphorbiaceae) e *Parinari mobola* Oliv. (Rosaceae), e na Austrália, *Cycas media* R. Br. (Cycadaceae), *Petalostigma quadriloculare* F. Muell. (Euphorbiaceae), *Grevillea parallela* Knight (Proteaceae), *Eucaliptus alba* Reinw. Ex Blume, *E. phoenicea* F. Muell. e *E. tetradonta* F. Muell. (Myrtaceae), havendo a prevalência de determinadas famílias. Todavia, o componente herbáceo de todas as savanas tropicais tem o predomínio de apenas duas famílias: Cyperaceae e Poaceae (Solbrig, 1996).

Os continentes americano, africano, asiático e a Oceania, especialmente a Austrália, abrigam as savanas tropicais (Richards, 1952; Solbrig, 1996), em uma área com cerca de 23 milhões de km² (Cole, 1986). Na África, as savanas ocupam extensas regiões em um cinturão quase contínuo, do Domínio Zambesiano no sul, ao Saheliano

no Norte (Brenan, 1978), composto por um mosaico savânico, onde varia o predomínio de gramíneas, arbustos e árvores devido a diferenças climáticas e edáficas, e.g., as savanas do Sudão são campos abertos xerofíticos, enquanto que ao Sul do equador é encontrado um tipo de savana florestada, denominada *miombo* (Brenan, 1978). Este tipo savânico ocorre na transição com a floresta úmida perenifólia (Solbrig, 1996). As savanas asiáticas, onde predominam campos abertos, ricos em vegetação herbácea, podem ser encontradas no Sri Lanka, onde recebem a denominação *patanas*, na península Malaia, na Índia (Richards, 1952), na Tailândia e no Vietnã (Solbrig, 1996). Contudo, savanas verdadeiras são raras na Ásia, sendo em sua maioria de origem antrópica (Solbrig, 1996). Nas ilhas da Oceania, as savanas podem ser encontradas em Bornéu, Nova Guiné, Ilhas Sunda, Filipinas (Richards, 1952; Solbrig, 1996) e Austrália. Nesta grande ilha, as savanas distribuem-se por extensas regiões, do sudoeste ao norte, sendo distinguíveis seis tipos de formação savânica: altigraminosa de monção, graminosa tropical, graminosa subtropical, médio graminosa, médio graminosa de solo argiloso e graminosa tufosa. No leste da Austrália, essas formações estão sob influência de temperaturas menores, maior quantidade de chuvas e um período de seca mais curto, em relação ao norte, onde o clima é mais quente e o período de seca é mais longo. Todas elas, contudo, permanecem sob influência de um gradiente de precipitação, havendo mais chuvas no litoral, diminuindo para o interior insular (Solbrig, 1996).

1.2. As savanas Neotropicais

Nas Américas, as formações savânicas, além de ocuparem regiões definidas na América Central e Cuba, as savanas neotropicais, ocupam também duas grandes áreas na América do Sul, separadas pela linha do equador (Solbrig, 1996). Ao Sul do equador são encontrados, além do cerrado, no Brasil, os *llanos* de *mochos*, estendendo-se do Leste da Bolívia aos pés da cordilheira dos Andes, que correspondem a uma extensa área periodicamente inundada, sendo caracterizada por uma vegetação que varia de campos graminosos a florestas perenifólias. O *Chaco*, por sua vez, ocupa uma área que abrange a porção Leste da Bolívia, a face Norte da Argentina e a região Oeste do Paraguai, representada por um mosaico vegetacional, abrigando formações arbustivo-arbóreas, savanas parque e savanas inundáveis (Solbrig, 1996). Ao Norte do equador, cerca de 500.000 km² são ocupados por formações savânicas que incluem os *llanos* do Orinoco, uma savana graminosa com esparsas árvores, que vai do Oeste da Colômbia à

região central da Venezuela; a gran sabana, na Venezuela; as savanas costeiras das Guianas, as savanas do rio Branco-Rupunuri na Amazônia brasileira, e uma série de pequenas ilhas savânicas, algumas delas de origem edáfica (Gottsberger & Morawetz, 1986), também na Amazônia brasileira (Solbrig, 1996).

Nos Trópicos, as savanas são próprias de regiões tropicais e subtropicais que apresentam precipitações pluviométricas regulares, entre 750 e 1500 mm. No Brasil quando a precipitação torna-se irregular e inferior àquele limite, a formação vegetal que passa a ocorrer é a caatinga (Rizzini, 1997), também denominada savana-estépica (Veloso, 1992), vegetação do semi-árido brasileiro (Ferri, 1980).

O cerrado *sensu lato* ou, como é conhecido no Brasil, cerrado, é um complexo vegetacional, possuidor de aproximadamente 160.000 espécies, entre plantas, fungos e animais e 10.000 espécies de vegetais vasculares (Furley, 1999). É composto por fisionomias campestres a arborescentes mais densas, com aspecto florestal. O maior ou menor predomínio de espécies arbustivo-arbóreas em relação às herbáceas depende de características ambientais, e.g., fertilidade do solo e ocorrência do fogo (Coutinho, 2002). A denominação cerrado, portanto, não representa uma uniformidade estrutural, mas um conjunto de tipos fisionômicos distintos, que abrange desde fisionomias abertas, onde predominam vegetais herbáceos, até fisionomias compostas predominantemente por arbustivo-arbóreas (Oliveira Filho & Ratter, 2002). Essas fisionomias são: campo limpo, fisionomia estritamente graminosa, normalmente ocupando solos distróficos; campo sujo, onde ocorrem esparsos arbustos, prevalecendo, contudo, vegetais herbáceos; campo cerrado, composta por arbustos um pouco mais desenvolvidos, mas onde as herbáceas ainda são abundantes; cerrado *sensu stricto*, que passa a apresentar indivíduos arbóreas e arbustivos mais desenvolvidos; e o cerradão, fisionomia com aspecto florestal, com indivíduos arbóreas (Eiten, 1977; Coutinho, 1990; Ribeiro & Walter, 1998; Coutinho, 2002).

Alguns pesquisadores fizeram, com frequência, comparações sobre afinidades florísticas e fisionômicas das savanas africanas xerofíticas e o cerrado *stricto sensu*. Ambas as formações savânicas são encontradas em regiões climáticas similares, tendo as fisionomias definidas por indivíduos arbustivo-arbóreas com caules retorcidos e abundante estrato herbáceo (Solbrig, 1996). Apesar dessas semelhanças, algumas diferenças são notáveis, e.g., nas savanas xerofíticas africanas predominam espécies arbustivo-arbóreas decíduas, enquanto que nas savanas brasileiras predominam, geralmente, perenifólias (Cole, 1986); existe eficiente mecanismo de fechamento

estomático em folhas de espécies arbustivo-arbóreas em savanas africanas, o que reduz a transpiração nos períodos de seca (Grace, 1992), enquanto tal mecanismo não é encontrado como regra no cerrado (Ferri, 1980). Todavia, espécies perenifólias arbóreas, encontradas nas savanas neotropicais, podem apresentar comportamentos distintos em relação à transpiração diária, e.g., *Bowdichia virgilioides* Kunth parece possuir um eficiente mecanismo de controle estomático (Sarmiento, 1996). *Roupala montana* Aubl., por sua vez, uma espécie arbustiva perenifólia, embora tenha acesso à reserva de água edáfica, essa espécie fecha parcialmente seus estômatos, reduzindo sua taxa de transpiração nos períodos de seca (Franco, 1998). Meinzer et al. (1999) obtiveram resultados que confirmaram uma ausência de diferenças sazonais pronunciadas na regulação da transpiração em espécies arbustivo-arbóreas do cerrado. Não obstante, esses mesmos resultados não suportaram uma transpiração livre de mecanismos restritivos, como descrita por Goodland & Ferri (1979).

As diferenças mencionadas acima, provavelmente conseqüência do sistema radicular pouco profundo das arbustivo-arbóreas encontradas em savanas africanas (Belsky & Amundson, 1992), condição diversa do que é encontrado no cerrado, cujas espécies lenhosas desenvolvem, com freqüência, profundo sistema radicular (Ferri, 1980; Goodland & Ferri, 1979), conseguindo obter água em horizontes mais profundos do solo (Moreira et al., 2003), que apresentam maior acúmulo de água, quando comparado a horizontes menos profundos (Jackson et al., 1999).

O fato de muitas espécies arbustivo-arbóreas do cerrado serem, com freqüência, perenifólias e não restringirem a abertura estomática, mesmo durante a seca, está relacionado ao armazenamento de água das chuvas no profundo solo do cerrado, que se mantém disponível à vegetação lenhosa ao longo do período de seca (Ferri, 1980). Entretanto, esse acúmulo de água no solo, dependerá da quantidade da precipitação total anual (Sarmiento, 1984), e déficits hídricos poderão desencadear diferentes estratégias de conservação de água em vegetais arbustivos savânicos (Quesada et al., 2004).

A caatinga, todavia, encontra no restrito e irregular fornecimento sazonal de água, uma limitação para seu contínuo desenvolvimento, apresentando adaptações para resistir às restrições hídricas, como a caducifolia, eficiente mecanismo de fechamento estomático (Ferri, 1980), dentre outros (Fernandes, 2000). Essa formação vegetal, que surgiu de maneira independente das demais formações vegetais de regiões áridas e semi-áridas na América do Sul (Sarmiento, 1975), apresenta, portanto, maiores

afinidades fisiológicas em relação a adaptações a ambientes secos, com algumas formações savânicas xerofíticas africanas (Cole, 1986), e.g. savanas sudanesas, que o próprio cerrado. A caatinga não é, porém, considerada uma formação savânica (Solbrig, 1996).

1.3. A origem do cerrado *sensu lato*: considerações iniciais

A origem do bioma cerrado, que na América do Sul ocupa uma área de aproximadamente 2 milhões de km² do território brasileiro, margeando a floresta amazônica e a mata atlântica (Oliveira Filho & Ratter, 2002), ainda suscita muitos debates (Ribeiro & Walter, 1998; Ledru, 2002). Diferentes teorias propostas tentaram explicá-la (Alvim, 1954; Cole, 1960; Fernandes, 2000; Oliveira Filho & Ratter, 2002), e consideraram a possibilidade dos cerrados serem formações naturais ou antropogênicas (Ledru, 2002). As mais conhecidas relacionaram o surgimento do cerrado a influências do clima (Warming, 1918), do solo (Alvin & Araújo, 1953; Alvin, 1954) e à ação do fogo (Rawitscher, 1951; Coutinho, 1990).

As discussões mencionaram a ampla ocorrência do cerrado neotropical, salientando questionamentos relacionados, principalmente, a fatores que condicionaram seu surgimento e permanência (Fernandes, 2000). Desta maneira, os defensores da hipótese da origem pirogênica (Rawitscher, 1951) questionam a hipótese climática, salientando, e.g., a existência de cerrados e formações florestais, lado a lado, sob as mesmas condições climáticas, e que não seria possível atribuir apenas ao xerofitismo a função criadora das savanas neotropicais (Alvin, 1954). Por outro lado, uma das críticas à pirogenia, é que essa teoria se refere ao cerrado *sensu stricto* como uma formação secundária, derivada do cerradão pela ação do fogo. Isso, segundo críticos, não seria totalmente verdadeiro, já que em muitas regiões, onde o cerrado é encontrado, não seria possível a ocorrência de cerradões devido a condições pedológicas, hidrológicas e topográficas impróprias à essa fisionomia savânica de aparência florestal (Fernandes, 2000).

Alterações climáticas ocorreram na América do Sul em diferentes épocas geológicas (Cruz Júnior et al., 2005), e.g., no Plioceno e no Pleistoceno, propiciando alternâncias na ocupação da paisagem já no final do Terciário e ao longo do Quaternário (Raven & Axelrod, 1974), favorecendo ou as formações savânicas ou as florestais, a partir da diminuição ou aumento, respectivamente, da umidade ambiental (Gottsberger

& Morawetz, 1986; Ribeiro & Walter, 1998; Furley, 1999; Scheel-Ybert et al., 2003). As variações climáticas mais severas ocorreram entre 13.000 e 20.000 antes do presente (a.p.) (Ab'Sáber, 2003).

Incêndios nas formações vegetais savânicas certamente já ocorriam antes da chegada do homem à América do Sul. O mais antigo registro palinológico da flora do cerrado, encontrado no Planalto Central brasileiro, datou de 32.000 anos antes do presente (a.p.) (Ledru, 2002). Naquela época, provavelmente, a vegetação do cerrado já teria desenvolvido adaptações ao fogo, antes, portanto, de qualquer atividade humana conhecida (Scheel-Ybert et al., 2003). Restos de carvão foram encontrados em diferentes regiões do Brasil com diferentes datações (Behling, 2002; Gouveia et al., 2002; Behling, 2003; Scheel-Ybert et al., 2003), alguns do Quaternário Tardio (Ledru, 2002), atestando a ocorrência de incêndios naturais, possivelmente freqüentes (Behling, 2003). Esses incêndios teriam influenciado a composição florística local (Behling, 2002), enquanto a disponibilidade hídrica teria afetado a fisionomia predominante (Vivo & Carmignotto, 2004).

Para o adequado desenvolvimento das discussões sobre a origem do bioma cerrado, são importantes as definições encontradas em Ferri (1979) sobre origens evolucionária e sucessional desse bioma, especialmente quando discutimos a atuação do fogo e ação antrópica como possíveis elementos que definiram essa vegetação.

Este capítulo tem por objetivo abordar, à luz de recentes informações científicas, algumas das questões sobre a origem do bioma cerrado, além de tentar explicar o surgimento de uma das mais complexas comunidades vegetais neotropicais através da combinação da influência de fatores abióticos pretéritos, i.e., do clima, do solo e do fogo.

1.4. Savanas Neotropicais: evidências florísticas e paleontológicas

A ocorrência de formações savânicas pretéritas em muitas regiões do neotrópico pôde ser inferida através de registros paleontológicos (Ranzi, 2000; Gouveia et al., 2002; Behling, 2002; Behling, 2003; Scheel-Ybert et al., 2003; Vivo & Carmignotto, 2004). Fósseis de animais terrestres e registros de palinófitos têm confirmado a existência de extensas savanas neotropicais durante o Quaternário (Ranzi, 2000; Van der Hammen & Hooghiemstra, 2000). Esses registros estão, normalmente, associados a variações climáticas definidas por períodos de maior ou menor

disponibilidade hídrica (Ribeiro & Walter, 1998; Behling & Hooghiemstra, 2000; Cruz Júnior et al., 2005). Alguns desses registros, como os encontrados em áreas atualmente ocupadas pela floresta amazônica e atlântica, indicaram o aumento das savanas durante condições climáticas extremas, i.e., em momentos de acentuado declínio das chuvas (Gottsberger & Morawetz, 1986; Ledru, 2002). Assim sendo, o avanço das geleiras nas regiões temperadas do globo, em diferentes períodos, resultou no desenvolvimento de formações vegetais com características xerófilas, como as savanas, em regiões tropicais e subtropicais (Raven & Axelrod, 1974; Goldblatt, 1978; Le Houérou, 1997; Siffedine et al., 2004). A riqueza de herbáceas, característica das formações savânicas mais abertas, propiciada pela inexistência ou menor densidade de indivíduos arbustivo-arbóreos (Veloso, 1992), e.g., campos limpos e campos cerrados (Ribeiro & Walter, 1998), foi um fator determinante para a surgimento e manutenção da megafauna do período Quaternário, especialmente no Pleistoceno (Ranzi, 2000).

Os registros de fósseis animais, depositados em sedimentos formados durante as glaciações do Quaternário (Eicher, 1982), auxiliaram na reconstrução paleoecológica de ambientes savânicos (Mendes, 1988; Ranzi, 2000; Vivo & Carmignotto, 2004), o que possibilitou até a descrição de cadeias alimentares (Laporte, 1975) que tiveram como principais produtores primários as herbáceas, tão abundantes nos campos savânicos (Vivo & Carmignotto, 2004). Essas herbáceas atuaram como importante fonte alimentar para grandes herbívoros, como *Toxodon*, *Glyptodon*, e *Haplomastodon*, o grupo de herbívoro conhecido como mastodonte. Esses animais eram em sua maioria pastadores, habitando áreas abertas (Ranzi, 2000). A importância dessas herbáceas como fonte alimentar foi utilizada na hipótese da extinção de mamíferos neotropicais proposta por Vivo & Carmignotto (2004). Segundo essa hipótese, a expansão florestal foi decisiva para a extinção da megafauna Neotropical, dependente de vastos espaços abertos gramíneos. Portanto, Vivo & Carmignotto (2004) consideraram a influência das oscilações climáticas do Quaternário (Auler et al., 2004; Wang et al., 2004) na definição de alterações da vegetação neotropical, contrariando a teoria da extinção de *taxa* dessa megafauna tropical a partir da competição direta com espécies de mamíferos provenientes de latitudes temperadas do continente americano, que atingiram a América do Sul através do então formado istmo do Panamá (Webb, 1991).

A recorrente aridez neotropical, consequência das flutuações climáticas do Quaternário (Fernandes, 2000), favoreceu o aumento das savanas nessa região entre o

Mioceno e o Pleistoceno. Alguns grupos vegetais foram favorecidos pela menor disponibilidade hídrica sazonal, uma das características de ambientes savânicos. Podem ser citadas como exemplo as Asteraceae, que passaram a ocupar as savanas neotropicais com eficiência (Raven & Axelrod, 1974). O aumento de vegetações esclerófilas foi incrementado por especiações a partir de ecótipos de espécies florestais de ampla dispersão, que se adaptaram a ambientes com restrições hídricas (Rizzini, 1997).

Espécies lenhosas savânicas, pertencentes a famílias como Velloziaceae e Vochysiaceae, são endêmicas de formações savânicas neotropicais (Solbrig, 1996). Uma explicação para esse fenômeno pode residir no fato de Vochysiaceae, por exemplo, ter origem Neotropical (Raven & Axelrod, 1974). Contudo, algumas famílias foram compartilhadas pelas savanas da América do Sul e África, e faziam parte da flora do antigo continente Gondwana, e.g., Proteaceae, Bombacaceae e Combretaceae (Solbrig, 1996).

As oscilações climáticas do Quaternário teriam propiciado condições para que novas espécies (Van der Hammen & Hoghimstra, 2000) contribuíssem para a heterogeneidade da caatinga e do cerrado, vegetações surgidas em algum momento do Quaternário (Ab'Sáber, 2003), ou, talvez antes, entre o Mioceno e o Plioceno (Raven & Axelrod, 1974). Assim, especiações simpátricas puderam originar espécies vicariantes, a partir de ecótipos florestais (Rizzini, 1997), de uma matriz vegetacional em fragmentação (Pennington et al., 2000). Esses ecótipos deveriam ter sido capazes de superar as restrições impostas pelo clima mais seco, que tanto restringiu a distribuição de espécies florestais no bioma cerrado (Méio et al., 2003). Tal hipótese contraria a de Cole (1960), que considerava as matas e a caatinga formações originadas posteriormente às savanas.

O surgimento de espécies savânicas vicariantes, derivadas de espécies florestais, e.g., *Aegiphila lhotskiana* Cham., *Agonandra brasiliensis* Miers ex Benth. & Hook. f., *Andira humilis* Mart. ex Benth., *Aspidosperma tomentosum* Mart., *Caryocar brasiliense* Cambess., *Dimorphandra mollis* Benth., *Plathymenia reticulata* Benth., *Sclerolobium aureum* (Tul.) Baill. e *Terminalia fagifolia* Mart. (Rizzini, 1971; Heringer et al., 1977), de ocorrência comum no cerrado (Ferri, 1977), pode ter resultado da ocupação de novos ambientes por grupos (Stace, 1991) originados da retração da floresta úmida, e a concomitante expansão de vegetações abertas, e.g., campo, cerrado e caatinga, a partir de refúgios florestais úmidos, durante as oscilações climáticas do Holoceno (Fernandes, 2000).

Um grande número de espécies vicariantes evoluiu em áreas savânicas tornando-se elemento florístico peculiar, e teve origem de formações florestais mais úmidas, evoluindo *in loco*, passando a apresentar um padrão morfológico constante, i.e., menor porte, folhas grossas e pilosas, ritidomas mais espessos. Contudo, essas características, dentre outras, nem sempre ocorrem conjuntamente, mas de forma combinada (Rizzini, 1971).

Outra evidência relacionada à ocorrência de formações xéricas e à importância de períodos recorrentes de seca no neotrópico são as adaptações de grupos vegetais a esses novos ambientes, que passaram a ocupar diferentes formações vegetacionais secas. Devem ser salientados como exemplos elementos florísticos de caatinga que podem ocupar o cerrado: *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm., *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett, *Jatropha urens* L., *Maytenus rigida* Mart., *Mimosa caesalpinifolia* Benth., *Piptadenia moniliformis* Benth. *Solanum oocarpum* Sendtn. (Rizzini, 1997; Mendonça et al., 1998; Prado, 2000). Outras espécies, por sua vez, podem ser compartilhadas entre savanas e matas secas, e.g., *Agonandra brasiliensis* Miers ex Benth. & Hook. f., *Bauhinia cupulata* Benth., *Cassia ferruginea* (Schrader) Schrader ex DC., *Clusia burchellii* Engl., *Machaerium scleroxylon* Tul., *Miconia macrothyrsa* Benth., *Myracrodruon urundeuva* Allemão, *Poiretia elegans* C. Mueller e *Physocalymma scaberrimum* Pohl (Mendonça et al., 1998; Ribeiro & Walter, 1998).

Espécies que atualmente compõem as florestas secas tropicais no Neotrópico, assim como as savanas, sofreram influências de ambientes xéricos no passado. Uma evidência desse mecanismo adaptativo é a alta diversidade de formas de vida nessas fitocenoses. Uma provável consequência da heterogeneidade relacionada à disponibilidade de água nesses ambientes (Medina, 1995), que são caracterizados por apresentarem baixa umidade edáfica e atmosférica, acentuadamente seca no período de estiagem (Holbrook et al., 1995). Por essa razão, torna-se compreensível o fato das espécies perenifólias, encontradas nessas formações, possuírem sistemas radiculares profundos e elevada capacidade de transporte xilemático (Holbrook et al., 1995).

1.5. A complexa interação de fatores abióticos

No neotrópico, durante o Quaternário, os períodos de elevação do nível das precipitações anuais foram acompanhados de expansões de formações florestais, até

então restritas a refúgios mais úmidos, como os fundos dos vales, ao longo dos cursos d'água (Webb, 1991; Van der Hammen & Hooghiemstra, 2000; Pennington et al., 2000), e que permaneceram em contato entre si através da rede dendrítica no interior do cerrado (Ranzi, 2000), formada pelas florestas existentes ao longo desses cursos d'água (Ledru, 2002), mantidas pelo solo com maior disponibilidade hídrica (Oliveira Filho & Ratter, 2000; Oliveira Filho & Ratter, 2002), e abrigadas da ação mais intensa de incêndios pela maior umidade dessas florestas e da serapilheira (Eiten, 1972; Hopkins, 1992; Lindenmayer et al., 1999; Slik & Eichhorn, 2003), além do tipo de combustível produzido por essas florestas (Biddulph & Kellman, 1998).

Teria sido possível que, durante os períodos glaciais do Quaternário, mesmo com a baixa disponibilidade de água, em áreas localizadas mais ou menos próximas de cursos d'água, onde fosse possível uma eficiente retenção hídrica, e.g., por acúmulo de argila, ou menor profundidade do solo (Resck & Silva, 1998; Silva Júnior et al., 1998), as formações florestais estacionais decíduais e semidecíduais permanecessem em verdadeiros refúgios, originando formações vegetais semelhantes às florestas de vale, encontradas no interior do cerrado (Oliveira Filho & Ratter, 2002). A complexa distribuição de diferentes sítios caracterizados pela maior ou menor disponibilidade hídrica, sobre solos distintos entre si, e.g., quanto à fertilidade (Silva Júnior et al., 1998), poderia ter favorecido a manutenção de microambientes, definidos, e.g., por diferenças na drenagem, na produção e acúmulo de serapilheira e por variações topográficas (Rodrigues & Shepherd, 2000; Correia et al., 2001). Locais que poderiam ser adequados para a ocorrência de especiações parapátricas (Svenning, 2001) ao longo de gradientes edáficos e topográficos (Gentry, 1982), a partir de ecótipos de espécies florestais que passaram a apresentar diferenças morfológicas ao colonizar esses microambientes (Stace, 1991). É possível, por exemplo, que espécies savânicas da família Chrysobalanaceae tenham surgido a partir de mecanismos adaptativos que culminaram em especiações, como descrito acima (Prance, 1992).

Outros tipos de remanescentes florestais poderiam ter ocorrido no interior das savanas do Quaternário, possivelmente com as mesmas características dos chamados brejos de altitude, atualmente encontrados no interior da caatinga no Nordeste brasileiro, após retração de remanescentes florestais resultantes da ampla matriz florestal úmida, que dominava a paisagem no Cretáceo (Fernandes, 2000). Esses brejos de altitude são locais de elevada precipitação por influência de mecanismos de condensação, possivelmente iguais aos encontrados na floresta amazônica (Assunção et

al., 2001; Claeys et al., 2004), apesar da menor disponibilidade de água, predominante na caatinga ao redor (Cabral et al., 2004; Tabarelli & Santos, 2004). Assim, no Quaternário, planaltos mais elevados poderiam ter concentrado localmente as precipitações, preservando a umidade local (Oliveira Filho & Ratter, 2000; Penington et al., 2000) e propiciando a existência de formações florestais (Haffer, 1977).

A retração florestal com a diminuição das chuvas acabaria por desencadear uma série de alterações ambientais, e.g., a ciclagem de nutrientes prejudicada pelo declínio da produção de serapilheira. Todavia, a continuidade das chuvas esparsas teria sido suficiente para aumentar a acidez edáfica, carregando quantidades consideráveis de bases trocáveis das camadas superficiais do solo, aumentando a acidez e as concentrações de alumínio do solo, elemento tóxico para vegetais (Sarmiento, 1984). Muitas espécies do cerrado desenvolveram capacidade de acumular o alumínio edáfico, e.g., *Qualea multiflora* Mart. e *Vochysia thyrsoidea* Pohl (Haridasan, 1982), bem como algumas pertencentes aos gêneros *Neea* Ruiz & Pav., *Strychnos* L., *Miconia* Ruiz & Pav., *Psychotria* L., *Roupala* Aubl. e *Palicourea* Aubl. (Ferri, 1977).

Parece razoável inferir que, no Holoceno, com o retorno das condições úmidas à região do cerrado, o processo de lixiviação teria se acentuado (Furley, 1999), favorecendo a ocupação dos cerrados e a retração das florestas mesofíticas, que nunca recuperaram a cobertura florestal primitiva, nem mesmo com o aumento das precipitações (Oliveira Filho & Ratter, 2000). As florestas passariam a ter desvantagens competitivas, diante das formações savânicas, na ocupação do solo empobrecido pela lixiviação em algumas regiões.

Assim, as espécies vegetais que passaram a ocupar tal ambiente, muitas das quais provenientes das formações florestais da bacia amazônica e atlântica (Oliveira Filho & Ratter, 2000), a partir de mecanismos vicariantes (Rizzini, 1971; Heringer et al., 1977), contribuíram para a formação de uma flora savânica complexa e rica, inclusive com espécies endêmicas (Franco, 2002). Esses elementos florísticos que passaram a ocupar esse ambiente em formação tiveram de se adaptar, inicialmente, à diminuição da umidade disponível e aumento de acidez e toxidez edáficas, e, em uma etapa seguinte, desenvolveram adaptações à sobrevivência a incêndios cada vez mais frequentes (Furley, 1999). Para Raven & Axelrod (1974), o ciclo recorrente de aridez nos trópicos, durante as glaciações, ofereceria uma explicação mais plausível para o aumento das áreas savânicas tropicais do que a ação do homem primitivo através de incêndios provocados.

Atualmente é aceito que a distribuição da vegetação do cerrado no Neotrópico tenha sofrido influência de um conjunto de fatores ambientais que atuaram concomitantes e, dependendo das características do ambiente, em maior ou menor intensidade, tais como precipitação sazonal, baixa fertilidade edáfica, incêndios e mesmo as flutuações climáticas do Quaternário (Oliveira Filho & Ratter, 2000; Oliveira Filho & Ratter, 2002). Essa interatividade também deve ser considerada como o principal mecanismo evolutivo, senão para todas, para muitas das espécies vegetais que compõem o cerrado, sendo decisiva na formação e definição das características da comunidade vegetal. Todavia, ocorreu um fator ambiental desencadeador dos mecanismos evolutivos envolvidos na formação dessa nova flora savânica. Esse fator foi o declínio da umidade ambiental disponível. A aridez Neotropical, que se acentuou durante boa parte do Quaternário, teria sido uma importante condição para a ocorrência de incêndios, que teriam contribuído para o aumento do empobrecimento do solo através da volatilização de nutrientes edáficos (Ross, 1992; Oliveira Filho & Ratter, 2002).

Devem ser observadas algumas características ecológicas de espécies presentes no bioma cerrado que parecem corroborar a hipótese da interatividade entre fatores ambientais apresentada acima. O desenvolvimento de plântulas de espécies lenhosas das savanas Neotropicais, e.g., é limitado pela competição por nutrientes e água com o sistema radicular herbáceo, pelo fogo e pela seca (Medina & Silva, 1990). Assim, a probabilidade de uma plântula arbustivo-arbórea se estabelecer no cerrado dependeria de sua capacidade em retirar água das camadas superficiais do solo, mantendo as reservas de energia no subsolo, continuando seu desenvolvimento mesmo após incêndios e períodos de seca (Franco, 2002). Além disso, a supressão do fogo pode aumentar as chances de sobrevivência de plântulas de algumas espécies, e.g., *Axonopus canescens* (Nees ex Trin.) Pilg., *Miconia albicans* (Sw.) Triana e *Roupala montana* Aubl (Hoffman, 1998; Miranda et al., 2002).

É interessante ressaltar a predominância de espécies herbáceas perenes na composição da flora do cerrado, que correspondem a mais de 95% do total das espécies herbáceas. Possuidoras de sistemas radiculares mais profundos que o das anuais, as perenes passariam a ter vantagem na competição para a obtenção de água (Filgueiras, 2002), ao atingirem horizontes mais profundos do solo, que apresentam uma maior constância na disponibilidade hídrica, mesmo nos meses de estiagem (Franco, 2002). Quanto à ação do fogo, a maioria das espécies da flora herbácea, tanto as perenes como

as anuais, é altamente resistente ao fogo. Algumas das herbáceas anuais crescem e se desenvolvem apenas durante as chuvas, escapando, na forma de sementes, dos incêndios e da seca durante a estiagem (Coutinho, 1990). Contudo, algumas espécies de gramíneas savânicas anuais e perenes diferem quanto à resposta a alterações na frequência de incêndios. Gramíneas anuais, e.g. *Adropogon brevifolius* Sw., conseguem persistir com maior sucesso à incidência freqüente de incêndios, quando comparadas a espécies perenes, como a *Adropogon semiberbis* (Ness) Kunth (Silva, 1996). As anuais, denominadas como espécies efêmeras em estudo de Monasterio & Sarmiento (1976), resistem ao fogo e à seca através de sementes armazenadas no solo, uma adaptação que pode remontar as oscilações climáticas do Quaternário, segundo esses autores. Grime (1979) parece corroborar a eficiência das anuais na ocupação de ambientes sujeitos a eventos catastróficos, e.g. incêndios, ao afirmar que bancos de sementes persistentes permitiriam uma rápida ocupação da paisagem, após esses eventos. Breves períodos de estabilidade seriam suficientes para que o ambiente pudesse ser novamente ocupado por herbáceas perenes. Por outro lado, muitas herbáceas perenes são favorecidas na ocupação de savanas após incêndios, e.g. a gramínea africana *Melinis minutiflora* P. Beauv. (Hoffman et al., 2004).

A ação das queimadas é decisiva na definição da composição e estrutura da comunidade de lenhosas e herbáceas (Durigan et al., 1994; Hoffmann, 1998; Oliveira Filho & Ratter, 2002), não sendo, contudo, o único fator de influência. Em muitos casos, fisionomias savânicas campestres, normalmente relacionadas a regimes de incêndios mais freqüentes, podem ser definidas por outros fatores, e.g., baixa qualidade nutricional edáfica, reduzida profundidade do solo, entre outros (Coutinho, 1990). Quanto à reprodução, a interferência do fogo sobre vegetais savânicos definiu, para algumas lenhosas, que a reprodução vegetativa a partir de estruturas subterrâneas é a melhor estratégia para sobreviverem em ambientes sujeitos a queimadas freqüentes (Hoffmann, 1998), e.g., *Echinolaena inflexa* (Poir.) Chase (Miranda et al., 2002). Incêndios no cerrado são normalmente de superfície, consumindo a serapilheira acumulada e herbáceas (Miranda et al., 2002). Outras espécies de lenhosas, porém, parecem se beneficiar da ação das queimadas, emitindo botões florais pouco tempo após a passagem do fogo (Coutinho, 1990). Outras parecem depender do fogo para sua reprodução sexual, e.g., muitas herbáceas produzem intenso florescimento por estímulo pirogênico (Miranda et al., 2002). Por outro lado, foi observado um impacto negativo do

fogo na produção de frutos e sementes de *Miconia albicans* (Sw.) Triana, *Piptocarpha rotundifolia* (Less.) Baker, *Roupala montana* Aubl. (Hoffman, 1998).

Ambientes que apresentam altas taxas fotossintéticas e baixa disponibilidade de nitrogênio, como os ambientes savânicos Neotropicais, favoreceriam um elevado armazenamento de carbono na produção de biomassa pelo sistema radicular e o estabelecimento de mutualismo com fungos micorrízicos para o aumento da captação de nutrientes do solo para muitas espécies do cerrado (Franco, 2002). Em plantas lenhosas do cerrado é comum a esclerofilia e acentuado desenvolvimento do sistema radicular (Franco, 2002), podendo haver elevadas taxas de produção de biomassa pelo sistema radicular, e, por conseqüência, lento crescimento do sistema caulinar (Abdala et al., 1998; Franco, 2002). Tal mecanismo pode também estar relacionado com a interação competitiva entre as lenhosas e as raízes superficiais das herbáceas (Abdala et al., 1998). As informações acima, entre outras, e.g., elevado armazenamento de carbono nas folhas escleromorfas e pobres em nutrientes de espécies arbustivo-arbóreas do cerrado (Franco, 2002), além da alta suberização de trocos e ramos, um efetivo isolamento térmico dos tecidos vivos durante o fogo (Miranda et al., 2002), sustentam a teoria do escleromorfismo oligotrófico (Arens, 1958).

O alto investimento de espécies savânicas na produção de um sistema radicular desenvolvido, que possa garantir um melhor aproveitamento da água, mesmo em períodos de seca (Franco, 2002; Hoffman & Franco, 2003), pode representar uma evidência de restrições hídricas pretéritas, por influência climática, no delineamento evolutivo de comunidades savânicas neotropicais a partir de comunidades florestais. Todavia, esse sistema radicular desenvolvido passou a ter outras capacidades, como possibilitar aos vegetais a reprodução vegetativa (Hoffmann, 1998) e eficiente captação de nutrientes edáficos (Franco, 2002).

1.6. Conclusões

A influência conjunta de fatores climáticos e edáficos, e do fogo periódico na ocupação de formações savânicas e florestais em uma mesma região, é uma visão compartilhada por diferentes autores (Oliveira Filho & Ratter, 2000; Coutinho, 2002, Oliveira Filho & Ratter, 2002). Mas, a amplitude da influência isolada de cada um desses fatores sobre a biologia de vegetais savânicos, ainda é uma questão em aberto. E

as dúvidas tornam-se maiores quando imaginamos os resultados da ação combinada entre esses fatores abióticos.

Certamente, quando a discussão envolve a evolução e a origem do bioma cerrado, a interação das oscilações climáticas, características físico-químicas do solo e a ação do fogo, deve ser considerada de fundamental importância para a compreensão de distintos mecanismos evolutivos, e.g., variações geográficas e microgeográficas, isolamentos estacionais e de *habitats* (Mayr, 1970; Futuyama, 1992), que poderão ser utilizados para a proposição de novas hipóteses.

Tanto o fogo como o solo distrófico devem ter atuado como importantes agentes de seleção, definindo uma flora adaptada às condições ambientais de menor disponibilidade hídrica, pouco a pouco estabelecida com as oscilações climáticas do Quaternário. Todavia, o clima representa o fator desencadeador, ou seja, aquele que permitiu a ocorrência de incêndios frequentes e o empobrecimento edáfico.

Deve ser considerado o fato de que apenas a sazonalidade climática não poderia explicar a predominância na distribuição de formações savânicas contemporâneas, em regiões com suficiente umidade para o estabelecimento de formações florestais (Gottsberger & Morawetz, 1986). Em algumas dessas regiões, a transição de formações florestais para o cerrado parece estar relacionada antes a fatores edáficos que à ação do fogo (Ratter, 1992). Outros fatores abióticos, juntamente com os edáficos, devem atuar na definição da distribuição de formações savânicas e florestais (Oliveira Filho & Ratter, 2002), e.g., características hidrológicas e topográficas da região (Fernandes, 2000).

O fato de espécies arbustivo-arbóreas do cerrado não restringirem eficientemente perdas de água com o fechamento de seus estômatos (Franco, 2002), em vez de contraditório, pode refletir a atual condição de maior disponibilidade hídrica sazonal, ao contrário do que ocorreu em períodos mais secos do passado. Essa maior umidade, disponível nos horizontes mais profundos do solo, mesmo nos meses de estiagem, e alcançada pelo sistema radicular desenvolvido dessas espécies, seria suficiente para permitir o funcionamento fisiológico normal dessas plantas.

Para Coutinho (2002), os fatores que determinariam a ocorrência das diferentes fisionomias savânicas, que variam do cerradão ao campo limpo, estão relacionados ao solo (pedoclimaces) e à ocorrência de fogo (piroclimaces). Para Fernandes (2000), entretanto, haveria uma possibilidade alternativa dentro das teorias policlimaces, sugerindo que o cerrado *sensu stricto* seria um clímax edáfico, enquanto

que o cerrado seria um clímax climático. Os gradientes fisionômicos definidos pelo fogo, apresentados por Coutinho (1990; 2002), originam-se de mecanismos sucessionais do cerrado *sensu lato* (Ferri, 1979). Uma informação que pode corroborar com essa hipótese foi apresentada por Henriques & Hay (2002), segundo a qual, o cerrado *sensu stricto*, quando protegido do fogo, aumenta em riqueza de espécies e área basal, podendo dar lugar a um cerrado.

A vegetação de cerrado passou a ter grande vantagem competitiva em áreas com solo de baixa fertilidade, profundos e de alta capacidade de drenagem, após mecanismos adaptativos e de seleção exercidos por incêndios periódicos e pelo solo distrófico. Assim, inicialmente, o maior problema encontrado pela vegetação savânica não teriam sido as baixas concentrações de nutrientes disponíveis no solo, o excesso de alumínio edáfico, ou a inclemência do fogo, mas a disponibilidade hídrica que, em alguns momentos durante as glaciações, tornou-se muito restrita. Portanto, a água não seria fator limitante para as plantas de cerrado atualmente (Ferri, 1977), mas teria sido no passado, nos períodos de maior restrição hídrica durante as glaciações do Quaternário.

As características que definem morfológica, fisionômica e floristicamente as savanas Neotropicais resultariam das oscilações climáticas iniciadas no final do Terciário e intensificadas durante o Quaternário, além de um extenso processo seletivo exercido por solos distróficos e pelo fogo, característicos do ambiente seco que passou a predominar na região Neotropical no passado.

1.7. Referências bibliográficas

- ABDALA, G.C., CALDAS, L.S., HARIDASAN, M., EITEN, G. 1998. Above and belowground organic matter and root: shoot ratio in a cerrado in central Brazil. **Brazilian Journal of Ecology**. 2:11-23.
- AB'SÁBER, A. 2003. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial. 159p.
- ARENS, K. 1958. O cerrado como vegetação oligotrófica. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP**. 15: 25-56.
- ALVIN, P.T. 1954. Teoria sobre a formação dos campos cerrados. **Revista Brasileira de Geografia**. (4): 496-498.

- ALVIN, P.T., ARAÚJO, W.A. 1953. O solo como fator ecológico no desenvolvimento da vegetação no Centro-oeste do Brasil. **Boletim Geográfico**. (117): 569-578.
- ASSUNÇÃO, M., DIAS, F.S., NOBRE, C.A., MARENGO, J.A. 2001. The interaction of clouds and rain with the biosphere. **Global change Newsletter**. (45): 8-11.
- AULER, A.S., WANG, X., EDWARDS, R.L., CHENG, H., CRISTALLI, P.S., SMART, P.L., RICHARDS, D.A. 2004. Quaternary ecological and geomorphic changes associated with rainfall events in presently semi-arid northeastern Brazil. **Journal of Quaternary Science**, 19(7): 693-701.
- BEHLING, H. 2002. South and southeast Brazilian grasslands during Late Quaternary times: a synthesis. **Palaeo**. 177: 19-27.
- BEHLING, H. 2003. Late glacial and Holocene vegetation, climate and fire history inferred from Lagoa Nova in the southeastern Brazilian lowland. **Vegetation History and Archeobotany**. 12(4): 263-270.
- BEHLING, H., HOOGHMESTRA, H. 2000. Holocene Amazon rainforest-savanna dynamics and climatic implications: high-resolution pollen record from Laguna Loma Linda in eastern Colombia. **Journal of Quaternary Science**. 15(7): 687-695.
- BELSKY, A.J., AMUNDSON, R.G. 1992. Effects of trees on understorey vegetation and soils at forest-savanna boundaries. In: FURLEY, P.A., PROCTOR, J., RATTER, J.A. **Nature and dynamics of forest-savanna boundaries**. Londres: Chapman & Hall. p. 353-366.
- BIDDULPH, J., KELLMAN, M. 1998. Fuels and fire at savanna-gallery forest boundaries in Southeastern Venezuela. **Journal of Tropical Ecology**. 14(4): 445-461.
- BRENAN, J.P.M. 1978. Some aspects of the phytogeography of tropical Africa. **Annuary of Missouri Botanical Garden**. 65: 437-478.
- CABRAL, J.S.P., BRAGA, R.A.P., MONTENEGRO, S.M.G., CAMPELLO, M.S.C., LOPES FILHO, S. 2004. Recursos hídricos e os brejos de altitude. In: PÔRTO, K.C., CABRAL, J.J.P., TABARELLI, M. (orgs.). **Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. p. 31-48.
- CLAEYS, M., GRAHAN, B., VAS, G., WANG, W., VERMEYLYN, R., PASHYNSKA, V., CAFMEYER, J., GUYON, P., ANDREAE, M.O., ARTAXO, P., MAENHAUT, W. 2004. Formation of secondary organic aerosol through photooxidation of isopropene. **Science**. 303(5661): 1173-1176.

- COLE, M.M. 1960. Cerrado, caatinga and pantanal: The distribution and origin of the savanna vegetation of Brazil. **The Geographical Journal**. 126 (2): 168-179.
- COLE, M.M. 1986. **The savannas**. Biogeography and geobotany. London: Academic Press. 438p.
- CORREIA, J.R, HARIDASAN, M., REATTO, A., MARTINS, E.S., WALTER, B.M.T. 2001. Influência de fatores edáficos na distribuição de espécies arbóreas em matas de galeria na região do cerrado; uma revisão. In: RIBEIRO, J.F., FONSECA, C.E.L., SOUSA-SILVA, J.C. **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados. p. 51-76.
- COUTINHO, L.M. 1990. Fire in the ecology of the Brazilian cerrado. In: GOLDAMMER, J.G. (ed.). **Fire in the tropical biota**. Berlin: Springer-Verlag. p. 81-105.
- COUTINHO, L.M. 2002. O bioma cerrado. In: KLEIN, A.L. **Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois**. São Paulo: Editora UNESP. p.77-91.
- CRUZ JÚNIOR, F.W, BURNS, S.J., KARMANN, I., SHARP, W.D., VUILLE, M., CARDOSO, A.O., FERRARI, J.A., DIAS, P.L.S., VIANA JR., O. 2005. Insolation-drive changes in atmospheric circulation over the past 116,000 years in subtropical Brazil. **Nature**. 434(3): 63-65.
- DURIGAN, G., LEITÃO FILHO, H.F., RODRIGUES, R.R. 1994. Phytosociology and structure of a frequently burnt cerrado vegetation in SE-Brazil. **Flora**. 189: 153-160.
- EICHER, D.L. 1982. Tempo geológico. São Paulo: Edgard Blücher. 172p.
- EITEN, G. 1972. The cerrado vegetation. **The Botanical Review**. 38(2): 201-342.
- EITEN, G. 1977. Delimitação do conceito cerrado. **Arquivos do Jardim Botânico**. 21: 125-134.
- FERNANDES, A. 2000. **Fitogeografia brasileira**. Fortaleza: Multigraf. 340p.
- FERRI, M.G. 1977. Ecologia dos cerrados. In: FERRI, M.G. **IV Simpósio Sobre o Cerrado**. São Paulo: EDUSP. p.15-36.
- FERRI, M.G. 1979. Uma década (1968-1977) de trabalhos no cerrado. In: GOODLAND, R., FERRI, M.G. **Ecologia do cerrado**. São Paulo: EDUSP. p. 23-59.
- FERRI, M.G. 1980. **A vegetação brasileira**. São Paulo: Itatiaia, EDUSP. 157p.
- FILGUEIRAS, T. 2002. Herbaceous plant communities. In: OLIVEIRA, P.S., MARQUIS, R.J. **The cerrado of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University Press. p. 121-139.

- FRANCO, A.C. 1998. Seasonal patterns of gas exchange, water relations and growth of *Roupala montana*, an evergreen savanna species. **Plant Ecology**. 136(1): 69-76.
- FRANCO, A.C. 2002. Ecophysiology of woody plants. In: OLIVEIRA, P.S., MARQUIS, R.J. **The cerrado of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University Press. p. 178-197.
- FURLEY, P.A. 1999. The nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. **Global Ecology and Biogeography**. 8(3/4): 223-241.
- FURLEY, P.A., NEWBY, W.W. 1983. **Geography of the biosphere: an introduction to the nature, distribution and evolution of the world's life zones**. London: Butterworths. 413p.
- FUTUYMA, D.J. 1992. **Biologia evolutiva**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética. 631p.
- GENTRY, A.H. 1982. Neotropical floristic diversity: phytogeographical connections between Central and South America, Pleistocene climatic fluctuations, or an accident of the Andean orogeny? **Annals of the Missouri Botanical Garden**. 69(3): 557-593.
- GOLDBLATT, P. 1978. An analysis of the flora of Southern Africa: Its characteristics, relationships, and origins. **Annals of Missouri Botanical Garden**. 65: 369-436.
- GOODLAND, R., FERRI, M.G. 1979. **Ecologia do cerrado**. São Paulo: EDUSP. 193p.
- GOTTSBERGER, G., MORAWETZ, W. 1986. Floristic, structural and phytogeographical analysis of the savannas of Humaitá (Amazonas). **Flora**. 178: 41-71.
- GOUVEIA, S.E.M., PESSEDA, L.C.R., ARAVENA, R., BOULET, R. SCHEEL-YBERT, R., BENDASSOLI, J.A., RIBEIRO, A.S., FREITAS, H.A. 2002. Carbon isotopes in charcoal and soil in studies of paleovegetation and climate changes during the Late Pleistocene and the Holocene in the southeast and centerwest regions of Brazil. **Global and Planetary Change**. 33(1/2): 95-106.
- GRACE, J. 1992. Modelling energy flows and surface temperatures over forest and savanna. In: FURLEY, P.A., PROCTOR, J., RATTER, J.A. **Nature and dynamics of forest-savanna boundaries**. Londres: Chapman & Hall. p. 551-568.
- GRIME, J.P. 1979. **Plant strategies and vegetation processes**. Chichester: John Wiley & Sons. 222p.

- HAFFER, J. 1977. Pleistocene speciation in Amazonian birds. **Amazoniana**. 6(2): 161-191.
- HARIDASAN, M. 1982. Aluminium accumulation by some cerrado native species of central Brazil. **Plant and Soil**. 65: 265-273.
- HENRIQUES, R.P.B., HAY, J.D. 2002. Patterns and dynamics of plant populations. In: OLIVEIRA, P.S., MARQUIS, R.J. **The cerrado of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University Press. p. 140-157.
- HERINGER, E.P., BARROSO, G.M., RIZZO, J.A., RIZZINI, C.T. 1977. A flora do cerrado. In: FERRI, M.G. **IV Simpósio Sobre o Cerrado**. São Paulo: EDUSP. p.211-232.
- HOFFMAN, W.A. 1998. Post-burn reproduction of woody plants in a neotropical savanna: The relative importance of sexual and vegetative reproduction. **Journal of Applied Ecology**. 35(3): 422-433.
- HOFFMANN, W.A., FRANCO, A.C. 2003. Comparative growth analysis of tropical and savanna woody plants using phylogenetically independent contrasts. **Journal of Ecology**. 91(3): 475-484.
- HOFFMANN, W.A., LUCATELLI, V.M.P.C., SILVA, F.J., AZEVEDO, I.N.C., MARINHO, M.S., ALBUQUERQUE, A.M.S., LOPES, A.O., MOREIRA, S.P. 2004. Impact of the invasive alien grass *Melinis minutiflora* at the savanna-forest ecotone in Brazilian cerrado. **Diversity and Distributions**. 10(2): 99-103.
- HOLBROOK, N.M., WHIBECK, J.L., MOONEY, H.A. 1995. Drought responses of neotropical dry forest trees. In: BULLOCK, SH., MOONEY, H.A., MEDINA, E. **Seasonally Dry Tropical Forests**. Cambridge: Cambridge University Press. p. 243-276.
- HOPKINS, B. 1992. Ecological processes at the forest-savanna boundary. In: FURLEY, P.A., PROCTOR, J., RATTER, J.A. **Nature and dynamics of forest-savanna boundaries**. Londres: Chapman & Hall. p. 21-33.
- JACKSON, P.C., MEINZER, F.C, BUSTAMANTE, M., GOLDSTEIN, G., FRANCO, A., RUNDEL, P.W., CALDAS, L., INGLER, E., CAUSIN, F. 1999. Partitioning of soil water among tree species in a Brazilian cerrado ecosystem. **Tree Physiology**. 19(1): 717-724.
- LE HOUÉROU, H.N. 1997. Climate, flora and fauna changes in the Sahara over the past 500 million years. **Journal of Arid Environments**. 37: 619-647.

- LAPORTE, L.F. 1975. **Ambientes antigos de sedimentação**. São Paulo: Edgard Blücher. 145p.
- LEDRU, M.P. 2002. Late Quaternary history and evolution of the cerradões as revealed by palynological records. In: OLIVEIRA, P.S., MARQUIS, R.J. **The cerrado of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University Press. p. 33-50.
- LINDENMAYER, D.B., MACKAY, B.G., MULLEN, I.C., McCARTHY, A.M., CUNNINGHAM, R.B., DONNELLY, C.F. 1999. Factors affecting stand structure in forest – are there climatic and topographic determinants? **Forest Ecology and Management**. 123:55-63.
- MAYR, E. 1970. **Populações, espécies e evolução**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, EDUSP. 485p.
- MEDINA, E. 1995. Diversity of life forms of higher plants in neotropical dry forests. In: BULLOCK, SH., MOONEY, H.A., MEDINA, E. **Seasonally Dry Tropical Forests**. Cambridge: Cambridge University Press. p. 221-242.
- MEDINA, E., SILVA, J.F. 1990. Savannas of northern South America: A steady state regulated by water-fire interactions on a background of low nutrient availability. **Journal of Biogeography**. 17(4/5): 403-413.
- MÉIO, B.B, FREITAS, C.V., JATOBÁ, L., SILVA, M.E.F., RIBEIRO, J.F., HENRIQUES, R.P.B. 2003. Influência da flora das florestas Amazônica e Atlântica na vegetação do cerrado *sensu stricto*. **Revista Brasileira de Botânica**. 26(4): 437-444.
- MEINZER, F.C., GOLDSTEIN, G., FRANCO, A.C., BUSTAMANTE, M., INGLER, E., JACKSON, P., CALDAS, L., RUNDEL, P.W. 1999. Atmospheric and hydraulic limitations on transpiration in Brazilian cerrado woody species. **Functional Ecology**. 13(2): 273-282.
- MENDES, J.C. 1988. **Paleontologia básica**. São Paulo: EDUSP. 347p.
- MENDONÇA, R.; 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. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA. p. 287-556.

- MIRANDA, H.S., BUSTAMANTE, M.C, MIRANDA, A.C. 2002. The fire factor. In: OLIVEIRA, P.S., MARQUIS, R.J. **The cerrado of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University Press. p. 51-68.
- MONASTERIO, M., SARMIENTO, G. 1976. Phenological strategies of plant species in the tropical savanna and the semi-deciduous forest of the Venezuelan Llanos. **Journal of Biogeography**. 3: 325-355.
- MOREIRA, M.Z., SCHOLZ, F.G., BUCCI, S.J., STERNBERG, L.S., GOLDSTEIN, G., MEINZER, F.C., FRANCO, A.C. 2003. Hydraulic lift in a neotropical savanna. **Functional Ecology**. 17(5): 573-581.
- OLIVEIRA FILHO, A.T., RATTER, J.A. 2000. Padrões florísticos das matas ciliares da região dos cerrados e a evolução das paisagens do Brasil Central durante o quaternário Tardio. In: RODRIGUES, R.R., LEITÃO FILHO, H.F. (ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, FAPESP. p.73-89.
- OLIVEIRA FILHO, A.T., RATTER, J.A. 2002. Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. In: OLIVEIRA, P.S., MARQUIS, R.J. (eds.). **The cerrado of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University Press. p. 91-120.
- PENNINGTON, R.T., PRADO, D.E., PENDRY, C.A. 2000. Neotropical seasonally dry forest and Quaternary vegetation changes. **Journal of Biogeography**. 27(2): 261-273.
- PRANCE, G.T. 1992. The phytogeography of savanna species of neotropical Chrysobalanaceae. In: FURLEY, P.A., PROCTOR, J., RATTER, J.A. **Nature and dynamics of forest-savanna boundaries**. Londres: Chapman & Hall. p. 295-330.
- PRADO, D.E. 2000. Seasonally dry forests of tropical South America: from forgotten ecosystems to a new phytogeographic unit. **Edinburg Journal of Botany**. 57(3): 437-461.
- QUESADA, C.A., MIRANDA, A.C., HODNETT, M.G., SANTOS, A.J.B., MIRANDA, H.S., BREYER, L.M. 2004. Seasonal and depth variation of soil moisture in a burned open savanna (campo sujo) in central Brazil. **Ecological Applications**. 14(4): S33-S41.
- RANZI, A. 2000. **Paleontologia da Amazônia: megafauna do Pleistoceno**. Florianópolis: Editora da UFSC; Rio Branco: universidade Federal do Acre. 101p.

- RATTER, J.A. 1992. Transition between cerrado and forest vegetation in Brazil. In: FURLEY, P.A., PROCTOR, J., RATTER, J.A. **Nature and dynamics of forest-savanna boundaries**. Londres: Chapman & Hall. p. 417–429.
- RAVEN, P.H., AXELROD, D.I. 1974. Angiosperm biogeography and past continental movements. **Annals of The Missouri Botanical Garden**. 61(3): 539-673.
- RAWITSCHER, F. 1951. O problema das savanas brasileiras e das savanas em geral. **Boletim Geográfico**. (105): 887-893.
- RESCK, D.V.S, SILVA, J.E. 1998. Importância das matas galeria no ciclo hidrológico de uma bacia hidrográfica. In: RIBEIRO, J.F. (ed.). **Cerrado: matas de galeria**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC. p. 31-49.
- RIBEIRO, J.F, WALTER, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do bioma cerrado. In: SANO, S.M., ALMEIDA, S.P. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA. p. 89-166.
- RICHARDS, P.W. 1952. **The tropical rain forest: an ecological study**. London: Cambridge: University Press. 450p.
- RIZZINI, C.T. 1971. A flora do cerrado. In: Ferri, M.G. (coord.). **Simpósio sobre o cerrado**. São Paulo: Edgard Blücher, EDUSP. p. 107-153.
- RIZZINI, C.T. 1997. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural. 747p.
- RODRIGUES, R.R., SHEPHERD, G.J. 2000. Fatores condicionantes da vegetação ciliar. In: RODRIGUES, R.R., LEITÃO FILHO, H.F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, FAPESP. p.101-107.
- ROSS, S.M. 1992. Soil and litter nutrient losses in forest clearings close to a forest-savanna boundary on Maracá Island, Roraima, Brazil. In: FURLEY, P.A., PROCTOR, J., RATTER, J.A. **Nature and dynamics of forest-savanna boundaries**. Londres: Chapman & Hall. p. 119–143.
- SARMIENTO, G. 1975. The dry plant formations of South America and their floristic connections. **Journal of Biogeography**. 2(4): 233-251.
- SARMIENTO, G. 1984. **The ecology of neotropical savannas**. Cambridge: Harvard University Press. 235p.
- SARMIENTO, G. 1996. Biodiversity and water relations in tropical savannas. In: SOLBRIG, O.T., MEDINA, E., SILVA, J.F. (eds.). **Biodiversity and savanna ecosystem processes: a global perspective**. Berlin: Springer-Verlag. p. 61-75.

- SCHEEL-YBERT, R., GOUVEIA, S.E.M., PESSEDA, L.C.R., ARAVENA, R., COUTINHO, L.M., BOULET, R. 2003. Holocene palaeoenvironmental evolution in the São Paulo State (Brazil), based on anthracology and soil $\delta^{13}\text{C}$ analysis. **The Holocene**. 13(1): 73-81.
- SIFEDDINE, A., WIRRMANN, D., ALBUQUERQUE, A.L.S., TURCQ, B., CORDEIRO, R.C., GURGEL, M.H.C., ABRÃO, J.J. 2004. Bulk composition of sedimentary organic matter used in palaeoenvironmental reconstructions: examples from the tropical belt of South America and Africa. **Palaeo**. 214: 41-53.
- SILVA, J.F. 1996. Biodiversity and stability in tropical savannas. In: SOLBRIG, O.T., MEDINA, E., SILVA, J.F. (eds.). **Biodiversity and savanna ecosystem processes: a global perspective**. Berlin: Springer-Verlag. p. 161-171.
- SILVA JÚNIOR, M.C., FELFILI, J.M., NOGUEIRA, P.E., REZENDE, A.V. 1998. Análise forística das matas de galeria no Distrito Federal. In: RIBEIRO, J.F. (ed.). **Cerrado: matas de galeria**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC. p. 53-84.
- SLIK, J.W.F., EICHHORN, K.A.O. 2003. Fire survival of lowland tropical rain forest trees in relation to stem diameter and topographic position. **Oecologia**. 137: 446-455.
- SOLBRIG, O.T. 1996. The diversity of the savanna ecosystem. In: SOLBRIG, O.T., MEDINA, E., SILVA, J.F. (eds.). **Biodiversity and savanna ecosystem processes: a global perspective**. Berlin: Springer-Verlag. p. 1-27.
- STACE, C.A. 1991. **Plant taxonomy and biosystematics**. Kent: Edward Arnold. 264p.
- SVENNING, J.-C. 2001. On the of microenvironmental heterogeneity in the ecology and diversification of neotropical rain-forest palms (Arecaceae). **The Botanical Review**. 67(1): p.1-53.
- TABARELLI, M., SANTOS, A.M.M. 2004. Uma breve descrição sobre a história natural dos brejos nordestinos. In: PÔRTO, K.C., CABRAL, J.J.P., TABARELLI, M. (orgs.). **Brejos de atitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. p. 17-24.
- VAN der HAMMEN, T.; HOOGHIEMSTRA, H. 2000. Neogene and Quaternary history of vegetation, climate, and plant diversity in Amazonia. **Quaternary Science Reviews**. 19: 725-742.
- VELOSO, H.P. 1992. Sistema fitogeográfico. In: **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. p. 9-38.

- VIVO, M., CARMIGNOTTO, A.P. 2004. Holocene vegetation change and the mammal faunas of South America and Africa. **Journal of Biogeography**. 31(6): 943-957.
- WANG, X.; AULER, A.S.; EDWARDS, R.L.; CHENG, H.; CRISTALLI, P.S.; RICHARDS, D.A.; SMART, P.L.; SHEN, C.C. 2004. . Wet periods in northeastern Brazil over the past 210 kyr linked to distant climate anomalies. **Nature**. 432(7018): 740-743.
- WARMING, E. (1918) apud WARMING, E., FERRI, M.G. 1973. **Lagoa Santa e a vegetação de cerrados brasileiros**. São Paulo: EDUSP. Belo Horizonte: Itatiaia. 386p.
- WEBB, S.D. 1991. Ecogeography and the Great American Interchange. **Paleobiology**. 17(3): 266-280.

Capítulo 2

PRODUÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA EM DUAS FISIONOMIAS SAVÂNICAS EM CORUMBATAÍ, ESTADO DE SÃO PAULO

Capítulo 2

PRODUÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA EM DUAS FISIONOMIAS SAVÂNICAS EM CORUMBATAÍ, ESTADO DE SÃO PAULO

2.1. INTRODUÇÃO

A importância da ciclagem de nutrientes em fitocenoses savânicas, e sua relação com a dinâmica e funcionamento dessas comunidades vegetais ainda são pouco conhecidas, especialmente quando o microclima passa a ser um fator de influência (Richards, 1983; Medina, 1996). A serapilheira, e.g., pode exercer ação limitante no estabelecimento de plântulas (Svenning, 2001), influenciando a densidade de espécies vegetais (Santos & Válio, 2002). Além disso, distintas formações savânicas podem originar diferenças quanto à umidade local e ao conteúdo de nutrientes encontrados na serapilheira produzida (Miranda et al., 2002).

A deposição de serapilheira pode apresentar diferenças significativas entre fitocenoses próximas (Haase, 1999), e o acúmulo desigual de serapilheira, aliada a distintas concentrações de nutrientes edáficos, originados da decomposição dessa matéria orgânica (Lavelle et al., 1993), podem auxiliar na definição da distribuição dessas fitocenoses (Ruggiero et al., 2002). Por sua vez, a permanência de macro e microrganismos edáficos, que auxiliam na regulação de processos de decomposição, depende das características do solo, e.g., porcentagem de argila e características físico-químicas da matéria orgânica edáfica (Lavelle et al., 1993).

A extensão da influência sazonal sobre o balanço de nutrientes em formações savânicas representa um dos aspectos ainda pouco compreendidos nessas formações vegetais (Medina, 1993). Em diferentes tipos de savanas, a produção e decomposição de serapilheira parecem sofrer influência direta de fatores climáticos (Tripathi & Singh, 1995; Hibbard et al., 2001; Laclau et al., 2002). No Brasil, poucos trabalhos foram realizados sobre ciclagem de nutrientes no cerrado *sensu lato*, um bioma composto por muitas espécies perenifólias (Medina, 1993). Contudo, no período de seca, vegetais lenhosos do cerrado *stricto sensu* parecem se ressentir do estresse hídrico, passando a apresentar maior número de folhas com aspecto senescente. Ao contrário do que ocorre com as lenhosas do cerradão, que, normalmente, ocupam solos com maior disponibilidade hídrica (Lathwell & Grove, 1986).

O número reduzido de trabalhos envolvendo ciclagem de nutrientes em formações savânicas no Brasil foi decisivo para a realização do presente trabalho. Além disso, a possibilidade de inferências sobre a influência da heterogeneidade microambiental originada da produção e decomposição da serapilheira, ainda pouco explorada (Svenning, 2001), culminando na proposição de hipóteses, a partir dos resultados obtidos, representaram outra fonte de estímulo. Por essa razão, o presente estudo teve por objetivo específico analisar a produção e decomposição de serapilheira em duas fisionomias savânicas distintas e contíguas, cerrado *stricto sensu* e cerrado, procurando a existência de diferenças significativas entre elas, e como esses processos poderiam estar interferindo na interação dessas duas fisionomias. A produção de informações que possam auxiliar na compreensão da ecologia e conservação do bioma cerrado foi igualmente pretendida.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1. A área de estudo

Este trabalho foi desenvolvido em remanescente de cerrado com área de 38,7 ha localizada no município de Corumbataí, Estado de São Paulo (22° 15' S e 47° 00' W), ajuizada em 1962 à Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo (Camargo & Arens, 1969), e doada para o Instituto de Biociências da Unesp, *campus* de Rio Claro, em 1995. A área abriga cerrado *stricto sensu* (*s.s.*) e cerrado, e desde de 1962 não foram registrados incêndios no local. A região de localização do remanescente situa-se na transição entre as províncias geomorfológicas da Depressão Periférica e das Cuestas Basálticas (Eiten, 1972), cuja topografia acidentada e localização no alto de um platô, pode ser facilmente percebida no local ou através de fotografias aéreas.

O clima no remanescente mencionado acima foi caracterizado como tropical úmido, com período de seca entre os meses de abril a setembro e chuvoso se estendendo de outubro e março, entre os anos de 1961 e 1979. Para este período a temperatura média anual foi 20,4 °C e a precipitação média anual igual a 1517,6 mm (Monteiro & Aulino 1981). Esses valores foram ligeiramente distintos dos calculados a partir de dados meteorológicos obtidos junto do Núcleo de Monitoramento Macroclimático (NURMA), do Departamento de Física e Meteorologia da Escola Superior de

Agricultura Luiz de Queiroz - USP, medidos a 575 m no município de Corumbataí, para um período de 30 anos (1941 a 1970): 22 °C e 1341 mm (Figura 1).

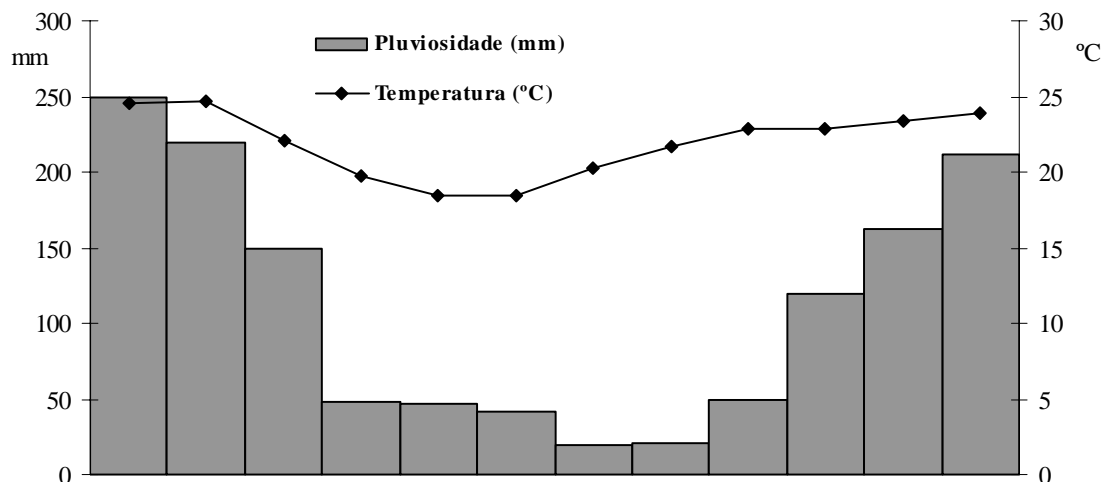


Figura 1 - Distribuição da precipitação e temperaturas médias no remanescente estudado (1941/1970)

Foram utilizadas aferições meteorológicas para pluviosidade, temperaturas máximas e mínimas mensais, utilizadas pelo DAEE, entre os anos de 2002 e 2004 realizadas no município de Corumbataí (Figura 2).

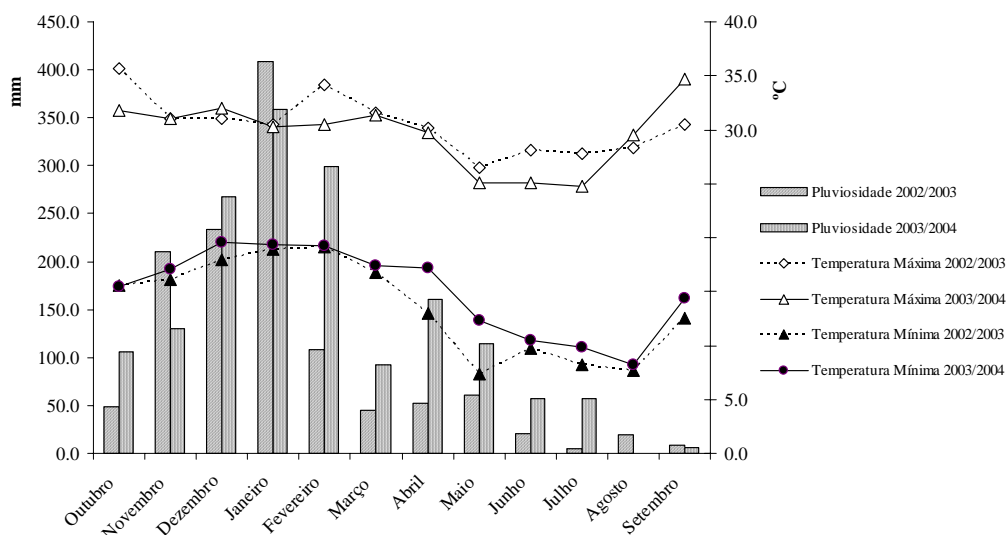


Figura 2 - Variação das temperaturas médias mínimas e médias máximas e a pluviosidade na área de estudo, entre os anos de 2002 a 2004.

O solo foi definido como latossolo amarelo, fase arenosa ou de textura média, com deposição de espessa camada de serapilheira (Almeida *et al.* 1981). O horizonte superficial junto à fisionomia com maior densidade de vegetação arbórea, isto

é, no cerradão, foi caracterizado como rico em matéria orgânica, apresentando 5 cm de espessura (Silva, 1989), ao contrário dos horizontes inferiores do solo (Cesar *et al.*, 1988). O relevo regional foi caracterizado como ondulado (Silva, 1989).

Para a localização das manchas das duas fisionomias acima citadas, foram utilizadas fotografias aéreas da área de estudo com escala 1:35.000, a partir de método utilizado por Chiarini & Coelho (1969). Erosões foram perceptíveis nas fotografias aéreas utilizadas e encontradas com certa facilidade em locais com menor cobertura vegetal e maior declividade.

2.2.2. Ciclagem de nutrientes no fragmento savânico de Corumbataí

As análises envolvendo produção e decomposição de matéria orgânica vegetal considerou igualmente as duas fisionomias, cerradão e cerrado *s.s.*, para análises de variação quanto à produção e decomposição de serapilheira, ao longo dos dois anos de experimento, que teve início no mês de novembro de 2002, com a primeira coleta de material, estendendo-se a outubro de 2004. Durante o período de coleta de dados, mensalmente foram coletadas as bolsas de decomposição e a serapilheira depositada nas bandejas.

A duração desses dois experimentos, *i.e.*, produção e decomposição de serapilheira, foi de dois anos, abrangendo dois períodos chuvosos e dois de estiagem. Assim, foram também realizadas inferências a respeito da influência da sazonalidade climática sobre a produção e decomposição de serapilheira.

No momento da retirada do material coletado nas bandejas, cuidados foram observados para que não fosse incluída, acidentalmente, a serapilheira proveniente do chão e da vegetação ao redor nos pontos de coleta. Cuidados também foram dispensados com as bolsas de decomposição durante e após as coletas no campo. Assim, nos pontos de coleta e no laboratório, antes do material ser processado, o excesso de areia e material vegetal que, porventura, estivessem aderidos às bolsas foi retirado para que os resultados não fossem alterados.

2.2.2.1. Decomposição de serapilheira

As taxas de decomposição no cerradão e no cerrado *s.s.* foram estimadas através do método de bolsas de decomposição – *litter bags* – de malha de nylon

(Macfadyen, 1971; Anderson & Swift, 1983; Ross, 1992; Scholes & Walker, 1993). Essas bolsas tinham 2 mm de malha e dimensões de 25 X 20 cm.

Nestas bolsas foram acondicionadas, antes do início das medições, 10 g do peso seco de serapilheira, anteriormente coletada diretamente do solo no cerradão e no cerrado *s.s.* Para um ano de experimento em cada uma das fisionomias, dez pontos foram distribuídos ao acaso para a instalação de 12 bolsas de decomposição, presas por fios de nylon a uma estaca de madeira, em cada um deles. A instalação do experimento ocorreu no mês anterior ao início das coletas de material e pesagens da serapilheira remanescente nas bolsas de decomposição.

As perdas de peso foram medidas mensalmente através da averiguação do peso seco do material coletado, o que permitiu uma estimativa do decréscimo da quantidade de serapilheira nas fisionomias ao longo dos dois anos estudados.

2.2.2.2. Produção de serapilheira

A produção da serapilheira obtida em cada uma das fisionomias foi medida através de coletores na forma de bandejas, conforme recomendação de Medwecka-Kornas (1971). Vinte bandejas, número mínimo recomendado por Proctor (1983), foram distribuídas ao acaso em cada uma das duas fisionomias. Bandejas coletoras de 0,25 m², a 10 cm do chão, permitiram a coleta da serapilheira produzida tanto por herbáceas como por lenhosas de maior porte. A serapilheira coletada mensalmente foi submetida a secagem prévia em estufa para facilitar a posterior triagem do material nas frações: folhas, ramos, órgãos de reprodução e materiais indiferenciados (Proctor, 1983; Morellato, 1992; Schilittler *et al.*, 1993; Martins & Rodrigues, 1999).

O material fértil compreendeu flores, sementes e frutos. Também foram incluídas nessa fração, sempre que possível sua distinção, as estruturas integrantes de órgãos reprodutivos, e.g., pedúnculos, pétalas, cascas de frutos, etc. Quando restos de estruturas vegetais não puderam ser reconhecidos e incluídos nas demais frações, passaram a fazer parte da fração “material indiferenciado”. Cada uma das frações, após triagem e acondicionamento em embalagens de papel, foram submetidas a secagem em estufa de circulação forçada a temperaturas variando entre 80 a 95°C para obtenção do peso seco e pesagens posteriores (Medwecka-Kornas, 1971).

A produção de material fértil encontrado pelo presente estudo foi confrontada com trabalhos de fenologia realizados em remanescentes savânicos

localizados em diferentes localidades no Estado de São Paulo. Comparações foram feitas entre os resultados do presente estudo com um estudo preliminar sobre a fenologia reprodutiva de espécies arbustivo-arbóreas coletadas no remanescente de Corumbataí, e depositadas no herbário da UNESP, *campus* de Rio Claro, Herbário Rioclarense (HRCB), entre os anos de 1959 a 2002. Nesse estudo preliminar, a fenologia reprodutiva das espécies coletadas no cerrado de Corumbataí foi baseada na presença ou ausência de flores e frutos, informações retiradas das etiquetas presentes nas exsicatas depositadas no herbário HRCB.

2.2.2.3. Análise estatística

A significância estatística das diferenças das médias mensais, tanto para as taxas de decomposição como para a produção das quatro frações, como para a produção total de serapilheira, encontradas nas duas fisionomias nos respectivos anos do período de estudo, foi analisada a partir do teste de Kruskal-Wallis (Zar, 1996). Tal prova estatística foi escolhida por ser um teste não-paramétrico para amostras independentes, que permite análises múltiplas de conjuntos de dados, não sofrendo grande influência de dados “*outliers*”, isto é, valores discrepantes, permanecendo muito acima ou abaixo dos demais. O teste não requer, além disso, igualdade no número de dados observados ou medidos, isto é, as k amostras, dos conjuntos de dados comparados, poderão ter tamanhos distintos.

Foram testadas para as atividades de decomposição e produção de serapilheira nas duas fisionomias savânicas analisadas, i.e. cerrado *s.s.* e cerradão, a hipótese nula (H_0), que tais processos não teriam diferenças significativas e, a hipótese alternativa (H_A), que tais processos apresentariam diferenças significativas.

Análises de correlação, através do coeficiente de correlação linear de Pearson (r), foram realizadas para se definir a influência das variáveis climáticas pluviosidade, temperaturas máximas médias e temperaturas mínimas médias, sobre as taxas mensais de decomposição e sobre a produção total de serapilheira, e de suas quatro frações componentes (folhas, material fértil, ramos e gravetos e material indiferenciado), encontradas no cerrado *s.s.* e cerradão. Gráficos de dispersão, com os valores que resultaram nos maiores coeficientes de correlação, também foram incluídos.

Em relação à análise de correlação, foi testada a H_0 , que não haveria correlações entre fatores climáticos e decomposição, produção de serapilheira total e de

suas quatro frações. A H_A testada foi que ocorreriam correlações entre fatores os climáticos e decomposição e produção de serapilheira total e de suas frações.

Tanto para o teste de Kruskal-Wallis, como para a análise de correlação de Pearson, o nível de significância definido foi $\alpha = 0,05$.

2.3. RESULTADOS

2.3.1. Decomposição de serapilheira

No primeiro ano, assim como no segundo ano, de janeiro até março, meses de maior pluviosidade, a decomposição foi ligeiramente maior no cerrado *s.s.*, como ficou demonstrado pela perda do peso seco do material vegetal restante no interior das bolsas de decomposição (Figura 3). Mas, a perda de peso passou a ser ligeiramente maior no cerradão de junho a outubro, no primeiro ano. No segundo ano, a maior perda de peso do material vegetal no interior das bolsas de decomposição ocorreu no cerradão a partir de fevereiro, estendendo-se por todo o ano. Nos meses de novembro a janeiro as taxas de decomposição foram praticamente iguais entre as duas fisionomias (Figura 3).

Nenhuma das diferenças entre as perdas de peso por decomposição foram significativas. Assim, a análise estatística envolvendo as médias de perda de peso por decomposição entre cerrado *s.s.* e cerradão, nos respectivos anos, não mostrou a ocorrência de diferenças significativas nos diferentes meses ($p > 0,05$), com exceção do mês de agosto, no segundo ano de análise, quando houve perdas maiores de matéria orgânica vegetal no interior das bolsas de decomposição no cerradão ($p = 0,0133$).

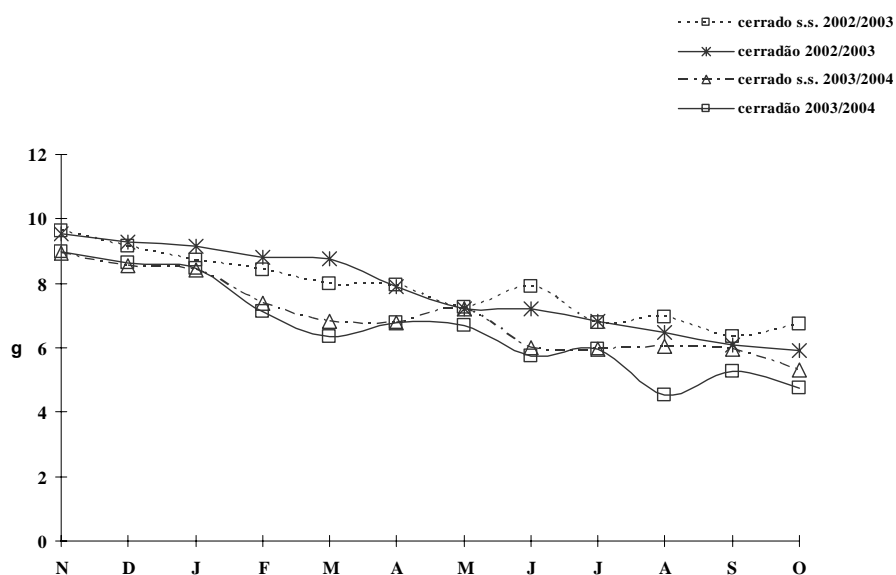


Figura 3 - Perda de matéria orgânica vegetal por decomposição nas duas fisionomias, no período de 2002 a 2004

2.3.2. Produção de serapilheira

As produções de matéria orgânica vegetal total (Figura 4) e das frações que a compõem: folhas, material fértil, flores, frutos e sementes, ramos e gravetos, e material indiferenciado (Figuras 5 a 8), foram maiores no cerradão. Todavia, houve variações nesse padrão, sendo observadas maiores produções no cerrado s.s., em poucos meses, ao longo dos anos estudados, de diferentes frações da serapilheira total, com exceção para material indiferenciado.

Deve ser salientado que os gráficos da produção total de serapilheira (Figura 4), de folhas (Figura 5) e material fértil (Figura 6), apresentaram curvas similares, com maiores valores na produção de folhas e material fértil no cerradão, no primeiro ano, respectivamente, entre novembro de 2002 a outubro de 2003, e de abril de 2003 a janeiro de 2004.

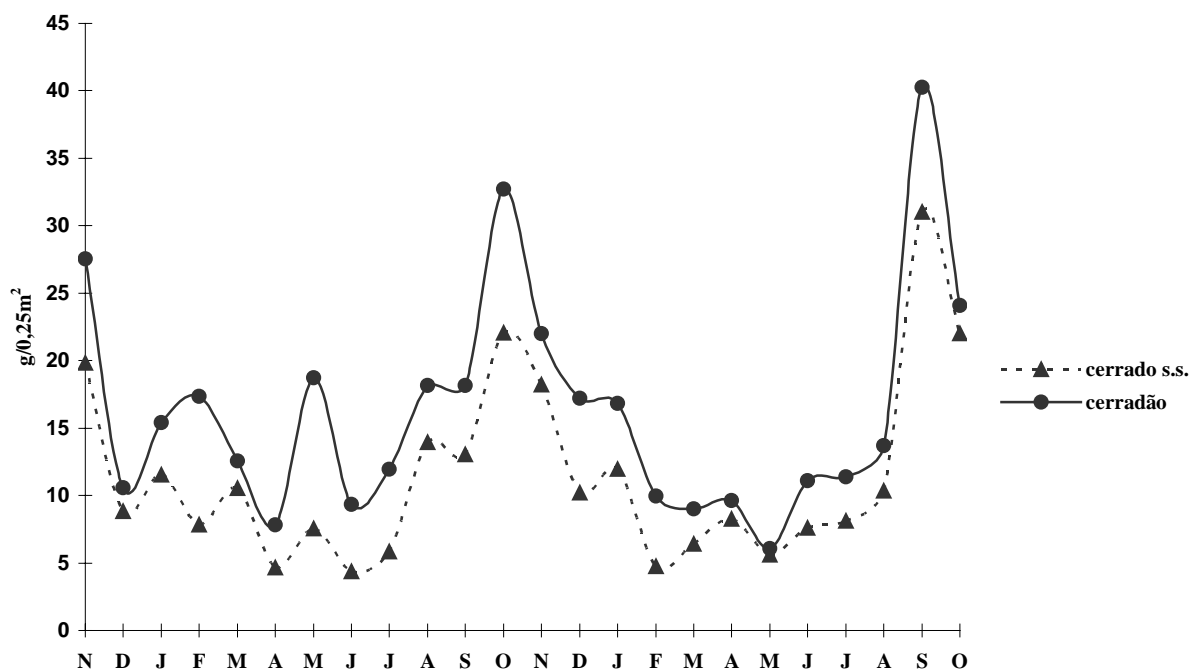


Figura 4 - Produção de serapilheira total nas duas fisionomias savânicas no período de 2002 a 2004

A prova de Kruskal-Wallis indicou diferenças consideradas significativas ($p < 0,05$) na produção de serapilheira total entre as fisionomias cerrado *s.s.* e cerradão durante os dois anos de duração do experimento. Foram exceções os meses de setembro e outubro, nos dois anos do experimento e, no último ano, entre os meses de abril a julho.

A contribuição de folhas para a produção de serapilheira entre as duas fisionomias mostrou diferenças significativas ao longo do primeiro ano de estudo ($0,0000 \leq p \leq 0,0208$), entre os meses de novembro e agosto. No segundo ano, as diferenças entre cerrado *s.s.* e cerradão foram significativas apenas em 3 meses: janeiro, fevereiro e junho. O cerradão contribuiu com uma produção maior de folhas na maior parte do experimento. Apenas a partir de agosto do segundo ano, as folhas produzidas nas duas fisionomias foram praticamente iguais (Figura 5).

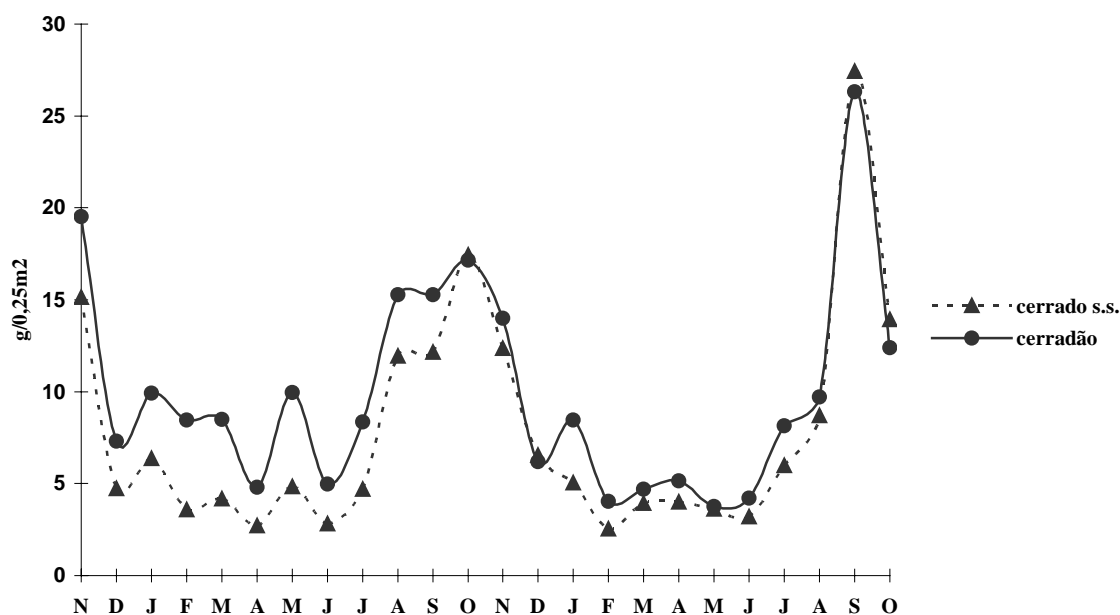


Figura 5 - Produção de folhas nas duas fisionomias savânicas no período de 2002 a 2004

O acúmulo de estruturas férteis, i.e., flores, frutos e sementes, pelas duas fisionomias demonstrou ter como maior produtor o cerradão, sendo que diferenças significativas ocorreram no primeiro ano do experimento, a partir do mês de maio, continuando até o mês de outubro, final do primeiro ano de coleta. O segundo ano voltou a apresentar diferenças significativas na produção de estruturas férteis em seu início, em novembro, e entre os meses de agosto a outubro, com o cerradão sendo novamente superior neste quesito.

O padrão para a produção de estruturas férteis apresentou picos em distintos meses ao longo dos dois anos de coleta de dados (Figura 6). Esses picos parecem estar relacionados com a sazonalidade das precipitações. O cerrado s.s. apresentou picos de produção logo após ou durante os meses de chuva.

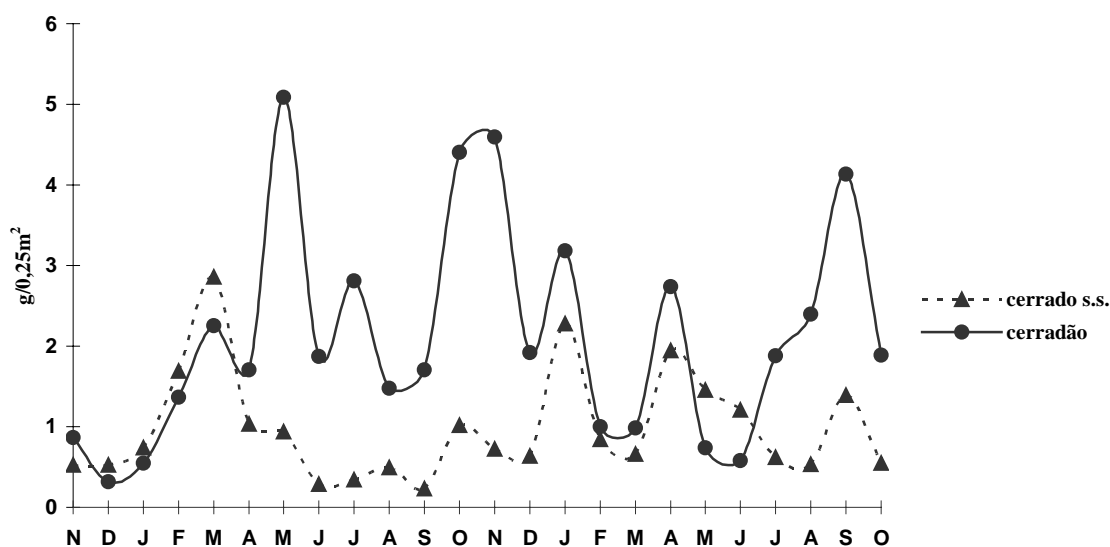


Figura 6 - Produção de material fértil nas duas fisionomias savânicas no período de 2002 a 2004

A fração ramos e gravetos apresentou poucos valores que pudessem resultar em diferenças significativas na produção de matéria orgânica vegetal. Significâncias ocorreram apenas para médias em alguns meses isolados ($0,0000 \leq p \leq 0,0429$), e.g., em novembro e dezembro, no primeiro ano de estudo, e maio e junho, no segundo ano, sendo o cerradão o maior produtor (Figura 7).

Alguns dos valores encontrados, e.g., nos meses de agosto e dezembro, respectivamente, no primeiro e segundo anos de coleta, resultaram de valores muito acima dos demais, “outliers”, originados de galhos maiores e excesso de ramos, caídos, possivelmente, após chuvas ou ventanias intensas.

Da mesma maneira, a variação das médias, demonstrada pelas curvas da figura 6, resultou de valores muito elevados, como mencionado acima. Por essa razão, o padrão apresentado pelos valores representados nessa figura não é similar ao apresentado na produção de serapilheira total e das demais frações, com a contínua superioridade demonstrada pela fisionomia cerradão (Figuras 4, 5, 7 e 8). Assim, no gráfico em questão, os valores apresentados pelo cerrado s.s., para produção de ramos e gravetos, ultrapassam os do cerradão em alguns meses ao longo dos dois anos de estudo, por influência desses valores muito elevados.

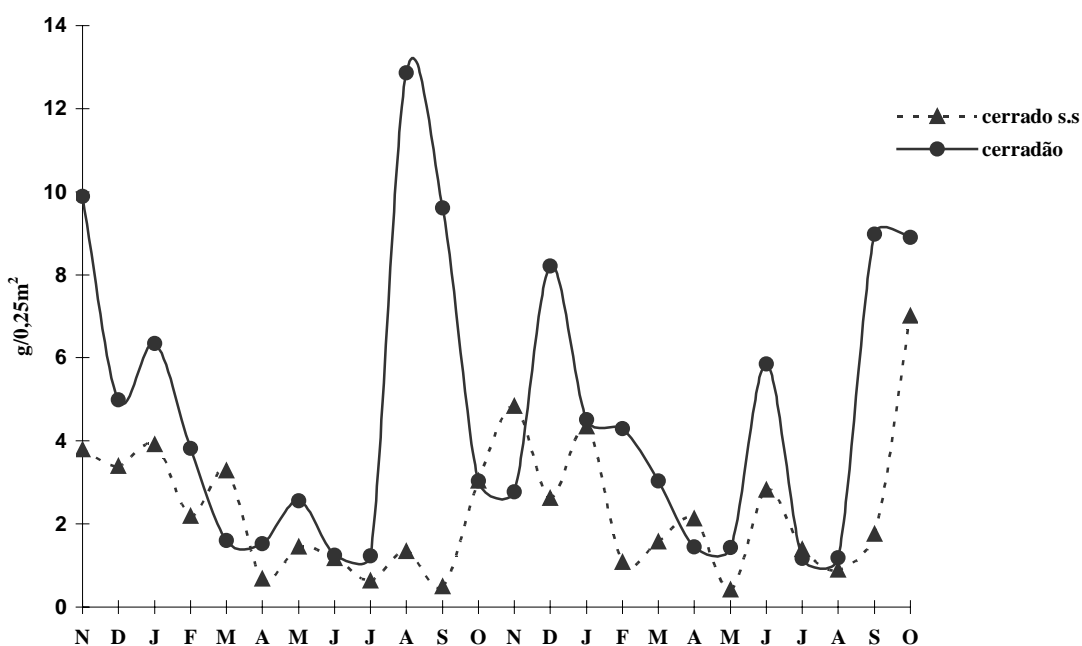


Figura 7 - Produção de ramos e gravetos nas duas fisionomias savânicas nos anos de 2002 a 2004

O material indiferenciado (Figura 8) apresentou diferenças significativas, entre os valores das duas fisionomias nos respectivos anos de análise, na maioria dos meses analisados ($0,0000 \leq p \leq 0,0451$). Apenas em poucos meses, e.g., fevereiro e março, no primeiro ano, e maio e junho, no segundo ano, a diferença das médias de produção dessa fração, entre as duas fisionomias, não foram significativas.

O perfil das duas curvas encontradas na figura 8 apresentou características próximas do apresentado pela fração folhas (Figura 5). O material indiferenciado apresentou, ainda, a curva da fisionomia cerradão sempre acima daquela do cerrado s.s. As médias mensais encontradas no cerradão permaneceram superiores às médias do cerrado s.s. ao longo dos dois anos de estudo.

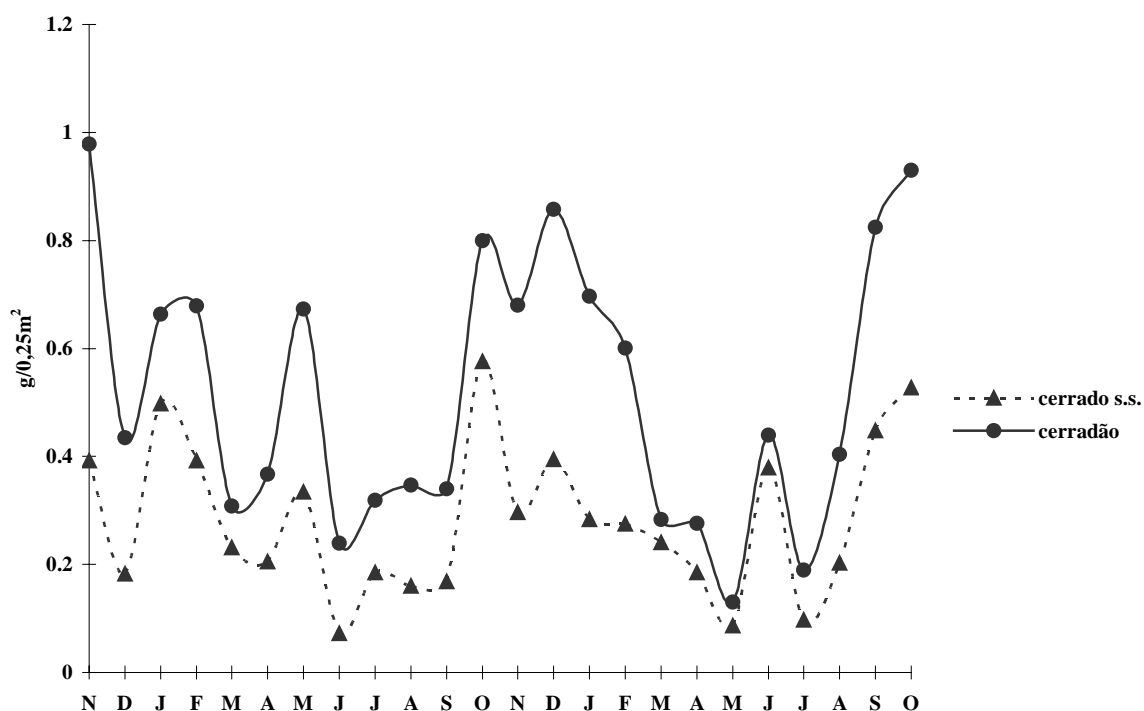


Figura 8 - Produção de material indiferenciado nas duas fisionomias savânicas no período de 2002 a 2004

2.3.3. Análises de correlação

Os valores encontrados para os coeficientes de correlação, no geral, não foram muito elevados. Foram observadas correlações positivas entre a decomposição e as médias das temperaturas máximas e mínimas no cerrado *s.s.* e cerradão. No primeiro ano de estudo, foi observado no cerradão, entre a decomposição da serapilheira e as médias das temperaturas mínimas, o maior valor das correlações observadas, $r = 0,76$. Foi encontrada no cerrado *s.s.*, apenas no primeiro ano de estudo, correlação positiva entre a precipitação pluviométrica e produção de ramos e gravetos. No cerradão também foi encontrada correlação entre os mesmos fatores, contudo no segundo ano, sendo esse um dos mais baixos valores, $r = 0,57$ (Tabela 1).

Em ambas as fisionomias foram encontradas correlações positivas entre a fração ramos e gravetos e as médias mensais para temperaturas máximas e mínimas; e entre as médias mensais de ambas as temperaturas e as frações material fértil e material indiferenciado (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores para os coeficientes de correlação de Pearson (r) entre as médias mensais de precipitação (**pr**), médias das temperaturas máximas (**ma**) e médias das temperaturas mínimas (**mi**), nos dois anos de estudo (1 a. e 2 a.), e as taxas de decomposição (**decomp.**), de produção total de serapilheira (**serap.**) e das quatro frações de da serapilheira produzida: folhas, material fértil (**m. fért.**), ramos e gravetos (**ramos**), e material indiferenciado (**m. in.**), encontradas nas duas fisionomias: cerrado *stricto sensu* (*s.s.*) e cerradão, na reserva de cerrado de Corumbataí, Estado de São Paulo. O nível de significância foi igual a 0,05.

		cerrado						cerradão						
		s.s.												
		decomp.	serap.	folhas	m. fért.	ramos	m. in.	decomp.	serap.	folhas	m. fért.	Ramo	m. in.	
		s												
pr	1 a.	r_s	0,50	0,30	-0,22	0,45	0,62	0,41	0,48	0,19	-0,17	-0,41	0,34	0,43
		p	0,10	0,34	0,48	0,14	0,03	0,19	0,11	0,56	0,59	0,18	0,28	0,15
	2 a.	r_s	0,41	0,22	0,48	0,45	0,27	0,55	0,43	0,33	0,50	0,13	0,57	0,50
		p	0,20	0,49	0,11	0,14	0,38	0,06	0,16	0,30	0,10	0,69	0,05	0,10
ma	1 a.	r_s	0,60	0,50	0,20	0,63	0,72	0,64	0,64	0,32	0,27	-0,31	0,17	0,58
		p	0,04	0,10	0,52	0,03	0,01	0,02	0,02	0,30	0,39	0,33	0,60	0,05
	2 a.	r_s	0,36	0,47	0,46	0,07	0,41	0,48	0,34	0,55	0,45	0,62	0,45	0,60
		p	0,25	0,12	0,17	0,81	0,18	0,12	0,28	0,06	0,14	0,03	0,14	0,04
mi	1 a.	r_s	0,70	0,15	-0,18	0,69	0,67	0,55	0,76	-0,03	-0,14	-0,46	-0,19	-0,46
		p	0,01	0,65	0,56	0,01	0,02	0,06	0,004	0,92	0,66	0,13	0,56	0,13
	2 a.	r_s	0,54	0,32	-0,18	0,20	0,39	0,20	0,70	-0,03	-0,16	0,04	0,41	0,06
		p	0,07	0,30	0,56	0,52	0,21	0,52	0,01	0,92	0,60	0,90	0,18	0,86

Os gráficos de dispersão, representando os oito valores mais elevados para o coeficiente de correlação de Pearson, relacionados na tabela 1, e apresentando distribuições compatíveis com uma correlação linear, foram relacionados na figura 9. Tais coeficientes de correlação, embora não muito elevados, como mencionado anteriormente, podem ter indicado possíveis correlações entre as variáveis climáticas analisadas, e a decomposição e a produção de frações da serapilheira total.

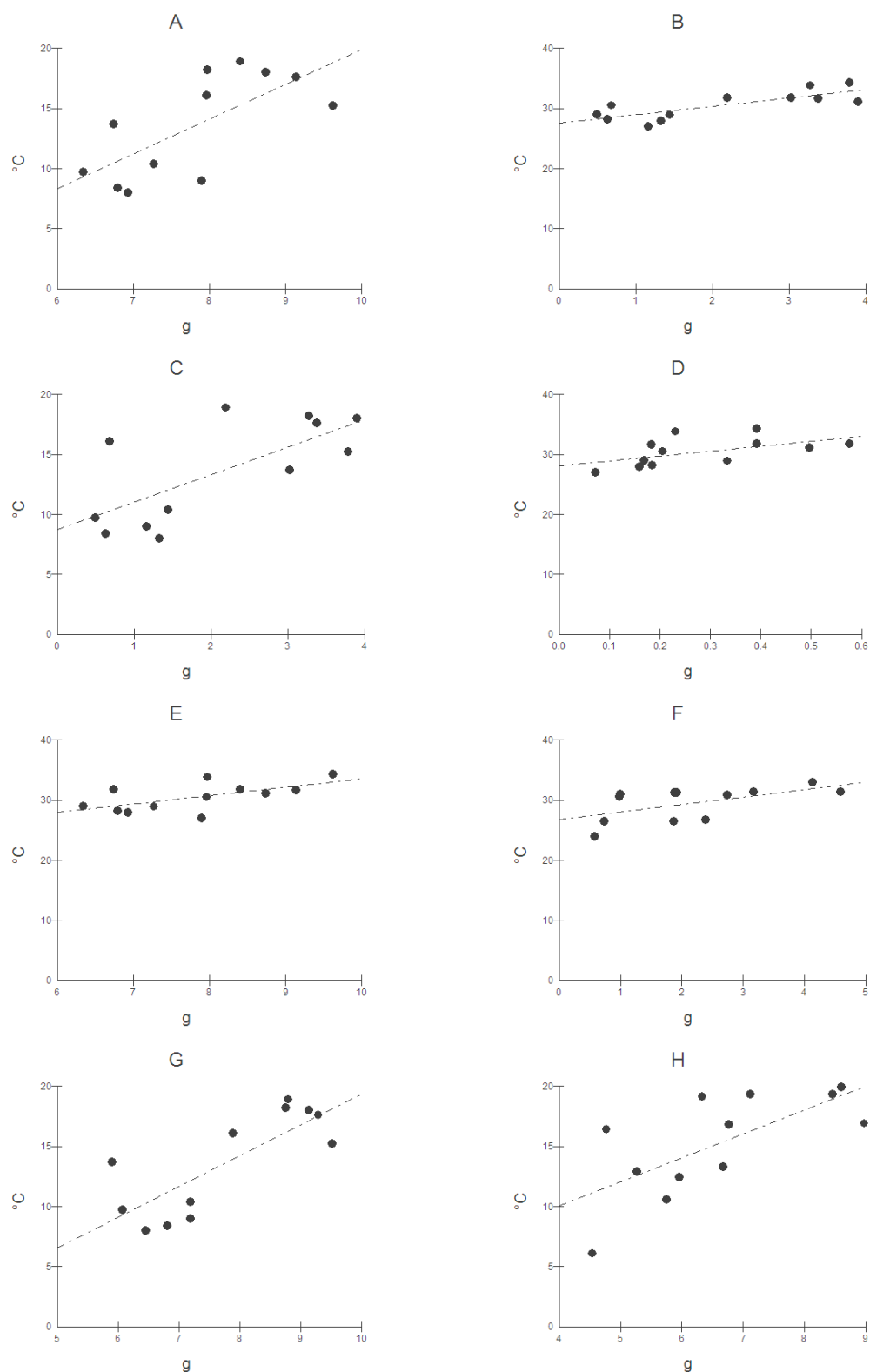


Figura 9 – Gráficos de dispersão entre decomposição e produção de componentes da serapilheira total, referentes ao cerrado *s.s.* (*ce*) e cerradão (*cd*), e os fatores climáticos analisados, e os respectivos coeficientes de correlação (r). A – 1º ano de decomposição no *ce* e temperaturas médias mínimas ($r=0,70$); B – 1º ano de produção de ramos no *ce* e temperaturas médias máximas ($r=0,72$); C – 1º ano de produção de ramos e gravetos no *ce* e temperaturas médias mínimas ($r=0,67$); D – 1º ano de produção de material indiferenciado no *ce* e temperaturas médias máximas ($r=0,64$); E – 1º ano de decomposição no *cd* e temperaturas médias máximas ($r=0,64$); F – 2º ano de produção de material fértil no *cd* e temperaturas médias altas ($r=0,62$); G – 1º ano de decomposição no *cd* e temperaturas médias mínimas ($r=0,76$); H – 2º ano de decomposição no *cd* e temperaturas médias mínimas ($r=0,70$).

2.4. DISCUSSÃO

Para as perdas de matéria orgânica vegetal por decomposição encontradas nas duas fisionomias savânicas analisadas, cerrado *s.s.* e no cerradão, embora não tenham apresentado diferenças significativas, ao longo dos dois anos de estudo, foi encontrada significância entre as duas fisionomias no mês de agosto, no segundo período anual de análise, quando a maior taxa de decomposição foi a do cerradão. Um padrão desse tipo, com diferenças significativas de perdas de serapilheira em meses isolados, ao longo de ciclos bianuais, ou em intervalos de tempo superiores, pode não ter importância como fator na definição de microambientes em áreas savânicas sujeitas à freqüente ação do fogo. Todavia, em áreas protegidas, esse mecanismo pode exercer, ao longo dos anos, influências que originem condições microclimáticas distintas, principalmente quando estiver associado a diferentes taxas de produção de serapilheira, como foi observado na área de estudo (Figura 4).

A existência de diferenças significativas quanto à produção de serapilheira entre cerrado *s.s.* e cerradão indica a ocorrência de características microambientais diversas entre as duas fisionomias, que podem contribuir para que diferentes populações vegetais encontrem condições ideais para o estabelecimento e desenvolvimento de suas plântulas na área de estudo (Richards, 1983; Svenning, 2001; Santos & Válio, 2002). E, embora as taxas de decomposição da serapilheira entre as duas fisionomias não tenham apresentado diferenças significativas, diferenças mínimas desse mecanismo podem influenciar, por exemplo, o processo de enriquecimento do solo devido a variações, mesmo que mínimas, da composição química das folhas das espécies vegetais encontradas nas duas fisionomias (Medina, 1996).

Diferenças nas taxas de decomposição entre cerrado *s.s.* e cerradão foram mencionadas por Lathwell & Grove (1986). Esses autores descreveram diferenças para taxas de decomposição entre cerrado *s.s.* e cerradão, sendo a decomposição no cerrado *s.s.* cerca de 8% mais intensa, que no cerradão. Os resultados encontrados no presente estudo não acompanharam as informações acima. O cerradão apresentou perdas ligeiramente maiores de matéria orgânica vegetal a partir de abril, no primeiro ano de estudo, permanecendo nesta condição até o final do experimento.

A produção de folhas em ambas as fisionomias foi próxima (Figura 5) da encontrada para a produção total de serapilheira no cerrado *s.s.* e cerradão (Figura 4). Essa característica, aliada ao volume de produção, elege a fração folhas como a fração

que, ao longo do período estudado, teve a contribuição mais importante para a produção da serapilheira total em ambas as fisionomias. O material indiferenciado produzido no cerrado *s.s.* e cerradão, por sua vez, apresentou valores parcialmente similares aos da fração folhas, padrões de distribuição que, possivelmente, permaneceram sujeitos à influência sazonal (Figura 8). Mas essa fração foi, contudo, a de menor importância quanto à contribuição para a serapilheira total produzida.

O padrão de produção de material fértil com picos entre os meses de setembro e novembro (Figura 6) foi similar com aqueles apresentados por florestas decíduas e semidecíduas estudadas por Haase (1999). E, embora nos meses de seca tenham coincidido parcialmente entre cerrado *s.s.* e cerradão, os picos de produção de serapilheira ocorreram em meses distintos. Esse padrão de produção de material fértil, fração que também contribuiu, juntamente com as demais, com o volume da serapilheira total, foi parcialmente similar com o padrão observado em uma floresta estacional, cujos picos de produção de material fértil ocorreram entre fevereiro e abril (Martins & Rodrigues, 1999).

A análise preliminar da fenologia reprodutiva de espécies arbustivo-arbóreas do remanescente de cerrado de Corumbataí, realizada anteriormente a partir de exsicatas depositadas no Herbário Rioclarense (HRCB), mostrou a ocorrência de dois picos de produção, um no mês de fevereiro e outro em agosto, tanto para floração como para frutificação. Esses dois períodos de intensa produção de material fértil, definidos a partir dos registros de herbário, apresentaram certa coerência com os picos de produção apresentados pela fração material fértil do presente estudo, cujos registros se situaram por volta dos meses de abril-maio, agosto-setembro e outubro-novembro (Figura 6). O material coletado pelas bandejas resultou de estruturas férteis, flores e frutos, o que significa que existe certa sincronia com os períodos nos quais os espécimes botânicos foram coletados para serem integrados ao acervo do HRCB, entre 1959 e 2002. O padrão mostrado pelos períodos de maior produção de serapilheira no cerrado de Corumbataí, a partir de estruturas reprodutoras senescentes, também mostrou ser coerente com padrões fenológicos reprodutivos de espécies arbustivo-arbóreas em outros remanescentes savânicos (Mantovani & Martins, 1988; Batalha et al., 1997; Batalha & Mantovani, 2000; Tannus, 2003) e formações florestais (Penhalber & Mantovani, 1997) no Estado de São Paulo. Essa coincidência entre os padrões de formações savânicas e florestais, em diferentes localidades no estado, reforça a possibilidade de influência climática na produção de estruturas férteis.

A razão para que a contribuição da fração gravetos e ramos na produção de serapilheira total tivesse sido irregular ao longo do período estudado, pode estar relacionada com a queda descontínua desse material lenhoso por influência de tempestades e ventos mais intensos. Com exceção de três meses, ao longo dos dois anos de estudo, quando a produção dessa fração foi ligeiramente maior no cerrado *s.s.*, o padrão demonstrado pelas curvas dessa fração da serapilheira total foi coerente com as apresentadas pelas demais frações, com a maior contribuição para a produção da serapilheira exercida pelo cerradão (Figura 7).

A influência climática sobre as taxas de decomposição e produção e de algumas das frações da serapilheira total, e.g. material indiferenciado e ramos, nas duas fisionomias, inferida através da análise de correlação (Tabela 1), pode estar ocorrendo diferencialmente nas duas fisionomias, considerando as características estruturais observadas na área de estudo. Os prováveis mosaicos microclimáticos, definidos por essas diferenças estruturais (Eiten, 1972), podem estar, por sua vez, interferindo na ciclagem de nutrientes em ambas fisionomias (Lathwell & Grove, 1986; Ross, 1992; Medina, 1993; Grubb, 1995). Variações de umidade ao longo de um ecótono savânico-florestal, i.e., ao longo de um gradiente de umidade, podem afetar as taxas de decomposição da serapilheira, que, provavelmente, serão menores em locais menos úmidos da transição ecotonal (Ross, 1992).

As baixas correlações entre fatores climáticos e a produção de serapilheira total e da fração folhas no cerrado *s.s.* e cerradão (Tabela 1), corrobora as observações, em uma floresta estacional semidecidual em Campinas, São Paulo, estudada por Martins & Rodrigues (1999). Esse resultado parece indicar a menor influência do clima, e.g. precipitação, na produção do maior volume de serapilheira, representado pela preponderância da fração folhas, nas duas fisionomias savânicas estudadas. Uma informação que deve ser salientada, e que pode indicar uma maior capacidade de retenção hídrica edáfica, na área estudada em Corumbataí, refere-se à profundidade do lençol freático nesse remanescente de cerrado. Na década de 80 foi aberto um poço no local, e, após 30 m, foi abandonado por não ter atingido o lençol freático.

As correlações baixas da produção da fração material fértil, nos dois anos que duraram o experimento, com a variação das chuvas, e mesmo as correlações não elevadas, observadas entre essa fração e a variação das temperaturas médias, pode estar relacionada ao predomínio de espécies que apresentaram florescimento em mais de um período ao longo do ano, e.g., *Daphnopsis fasciculata* (Meisn.) Nevling, *Amaioua*

guianensis Aubl. e *Pera glabrata* (Schott) Baill. Esse padrão de florescimento, observado em campo, pode representar uma das razões para o sucesso de algumas espécies na ocupação do remanescente estudado.

As diferenças encontradas na decomposição e produção de serapilheira entre cerrado *s.s.* e cerradão podem estar exercendo importante influência na dinâmica dessas duas fisionomias, contribuindo para a expansão do cerradão por áreas antes ocupadas pelo cerrado *s.s.* no remanescente estudado. Os resultados de uma análise posterior, envolvendo o estabelecimento e desenvolvimento de plântulas nas duas fisionomias, poderiam, após comparações com trabalhos, como o de Santos & Válio (2002), contribuir para a definição de métodos adequados de manejo e conservação para remanescentes similares ao de Corumbataí.

2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, C.L.F., OLIVEIRA, J.B., PRADO, H. 1981. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo, quadrícula de São Carlos, SP**: escala 1:100.000. Campinas: Instituto Agrônomo.
- ANDERSON, J.M., SWIFT, M.J. 1983. Decomposition in tropical forests. In: SUTTON, S.L., WHITMORE, T.C., CHADWICK, A.C. (ed.). **Tropical rain forest: ecology and management**. Oxford: Blackwell Scientific Publications. p. 287-309.
- BATALHA, M.A., MANTOVANI, W. 2000. Reproductive phenological patterns of cerrado plant species at the Pé-de-Gigante Reserve (Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil): a comparison between the herbaceous and woody floras. **Revista Brasileira de Biologia**. 60(1): 129-145.
- BATALHA, M.A., ARAGAKI, S., MANTOVANI, W. 1997. Variações fenológicas das espécies do cerrado em Emas (Pirassununga, SP). **Acta Botanica Brasílica**. 11(1): 61-78.
- CAMARGO, P.N., ARENS, K., 1969. Observações sobre uma reserva de cerrado. **Revista de Agricultura**. 42: 3-10.
- CESAR, O., PAGANO, S.N., LEITÃO FILHO, H.F., MONTEIRO, R., SILVA, O.A., MARINIS, G., SHEPHERD, G.J. 1988. Estrutura fitossociológica do estrato arbóreo de uma área de vegetação de cerrado no município de Corumbataí (Estado de São Paulo). **Naturalia**. 13: 91-101.

- CHIARINI, J.V., COELHO, A.G. de S. 1969. **Cobertura vegetal e natural e áreas reflorestadas do Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico, Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo. (Boletim nº 193). 28p.
- EITEN, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. **The Botanical Review**. 38(2): 201-341.
- GRUBB, P.H. 1995. Mineral nutrition and soil fertility in tropical rain forests. In: LUGO, A.E., LOWE, C. (eds.). **Tropical forests: management and ecology**. New York; Springer-Verlag. p. 308-330.
- HAASE, R. 1999. Litterfall and nutrient return in seasonally flooded and non-flooded forest of the Pantanal, Mato Grosso, Brazil. **Forest Ecology and Management**. 117(1/3): 129-147.
- HIBBARD, K.A., ARCHER, S., SCHIMEL, D.S., VALENTINE, D.W. 2001. Biogeochemical changes accompanying woody plant encroachment in a subtropical savanna. **Ecology**. 82(7): 1991-2001.
- LACLAU, J.P., SAMA-POUMBA, W., NZILA, J.D., BOUILLET, J.P, RANGER, J. 2002. Biomass and nutrient dynamics in a littoral savanna subjected to annual fires in Congo. **Acta Oecologica**. 23(1): 41-50.
- LATHWELL, D.J., GROVE, T.L. 1986. Soil-plant relationships in the tropics. **Annual Review of Ecology and Systematics** 17: 1-16.
- LAVELLE, P., BLANCHART, E., MARTIN, A., MARTIN, S. 1993. A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: application to soil of the humid tropics. **Biotropica**. 25(2): 130-150.
- MACFADYEN, A. 1971. The soil and its total metabolism. In: PHILLIPSON, J. **Methods of study in quantitative soil ecology: population, production and energy flow**. Oxford: Blackwell Scientific Publications. p. 1-13.
- MANTOVANI, W., MARTINS, F.R. 1988. Variações fenológicas das espécies do cerrado da Reserva Biológica de Moji Guaçu, Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**. 11(1/2): 101-112.
- MARTINS, S.V., RODRIGUES, R.R. 1999. Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**. 22(3): 405-412.
- MEDINA, E. 1993. Mineral nutrition: tropical savannas. **Progress in Botany**. 54: 237-253.

- MEDINA, E. 1996. Biodiversity and nutrient relations in savanna ecosystems: interactions between primary producers, soil microorganisms, and soils. In: Solbrig, O.T., Medina, E., Silva, J.F. (ed.). **Biodiversity and savanna ecosystem processes: a global perspective**. Berlin: Springer. p. 45-57.
- MEDWECKA-KORNAS, A. 1971. Plant litter. In: In: PHILLIPSON, J. **Methods of study in quantitative soil ecology: population, production and energy flow**. Oxford: Blackwell Scientific Publications. p. 24-33.
- MIRANDA, H.S., BUSTAMANTE, M.C, MIRANDA, A.C. 2002. The fire factor. In: OLIVEIRA, P.S., MARQUIS, R.J. **The cerrado of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University Press. p. 51-68.
- MONTEIRO, R., AULINO, O. 1981. Clima e balanço hídrico em uma reserva de cerrado no município de Corumbataí. In: Seminário Regional de Ecologia, 2. **Anais...** São Carlos: Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Carlos. p. 111-131.
- MORELLATO, L.P. 1992. Nutrients cycling in two south-east Brazilian forests. I Litterfall and litter standing crop. **Journal of Tropical Ecology**. 8(2): 205-215.
- PENHALBER, E.F., MANTOVANI, W. 1997. Floração e chuva de sementes em mata secundária em São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**. 20(2): 205-220.
- PROCTOR, J. 1983. Tropical Forest litterfall. I. Problems of data comparison. In: SUTTON, S.L., WHITMORE, T.C., CHADWICK, A.C. (ed.) **Tropical rain forest: ecology and management**. Oxford: Blackwell Scientific Publications. p. 267-273.
- RICHARDS, P.W. 1983. The three-dimensional structure of tropical rain forest. In: SUTTON, S.L., WHITMORE, T.C., CHADWICK, A.C. (eds). **Tropical rain forest: ecology and management**. Oxford: Blackwell Scientific Publications. p. 3-10.
- ROSS, S.M. 1992. Soil and litter nutrient losses in forest clearings close to a forest-savanna boundary of Maracá island, Roraima, Brazil. In: FURLEY, P.A., PROCTOR, J., RATTER, J.A. (ed.). **Nature and dynamics of forest-savanna boundaries**. Londres: Chapman & Hall. p. 119-143.
- RUGGIERO, P.G.C., BATALHA, M.A., PIVELLO, V.R., MEIRELLES, S.T. 2002. Soil-vegetation relationships in cerrado (Brazilian savanna) and semideciduous forest, Southeastern Brazil. **Plant Ecology**. 160(1): 1-16.

- SANTOS, S.L., VÁLIO, I.F.M. 2002. Litter accumulation and its effect on seedling recruitment in a Southeast Brazilian tropical forest. **Revista Brasileira de Botânica**. 25(1):89-92.
- SCHILITTLER, F.H.M., MARINIS, G., CESAR, O. 1993. Produção de serapilheira na floresta do Morro do Diabo, Pontal do Paranapanema – SP. **Naturalia**. 18:135-147.
- SCHOLES, R.J., WALKER, B.H. 1993. **An African savanna: synthesis of the Nylsvley study**. Cambridge: Cambridge University Press. 306p.
- SILVA, O.A. 1989. **Aspectos da compartimentalização mineral de *Amaioua guianensis* Shumann (Rubiaceae) e *Copaifera langsdoffii* Desf. (Leguminosae) em ecossistemas de cerrado e mata mesófila semidecídua**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- SVENNING, J.C. 2001. On the role of microenvironmental heterogeneity in the ecology and diversification of neotropical rain-forest palms (Arecaceae). **The Botanical Review**. 67(1): 1- 53.
- TANNUS, J. 2003. **Florística e fenologia de campo sujo e campo úmido na região dos cerrados de Itirapina – SP**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- TRIPATHI, S.K., SINGH, K.P. 1995. Litter dynamics of recently harvested and mature bamboo savannas in a dry tropical region in India. **Journal of Tropical Ecology**. 11(3): 403-417.
- ZAR, J.H. 1996. **Biostatistical analysis**. New Jersey: Prentice Hall. 662p.

Capítulo 3

INFLUÊNCIA ABIÓTICA NA COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DE FISIONOMIAS SAVÂNICAS EM CORUMBATAÍ, SÃO PAULO

Capítulo 3

INFLUÊNCIA ABIÓTICA NA COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DE FISIONOMIAS SAVÂNICAS EM CORUMBATAÍ, SÃO PAULO

3.1. INTRODUÇÃO

No Estado de São Paulo, assim como nas demais regiões do Brasil onde ocorre, o cerrado *lato sensu* vem perdendo gradativamente área de cobertura ao longo dos anos (Kronka et al., 1998), apesar disso, apenas 10% desses fragmentos estão protegidos em unidades de conservação estaduais (Cavassan, 2002). A crescente degradação do cerrado, principalmente através de sua ocupação por atividades agrícolas e pela produção de carvão para siderúrgicas (Ratter et al., 1997), apesar de sua importante biodiversidade (Furley, 1999; Myers et al., 2000), vem suscitando o anseio por políticas e estratégias que promovam sua conservação (Alho & Martins, 1995).

Os cerrados paulistas estão localizados próximos do limite sul da distribuição desse bioma, permanecendo sujeitos a fenômenos climáticos não existentes no restante do país (Cavassan, 2002; Franco, 2002), podendo representar uma característica peculiar dessas formações savânicas, e.g., as geadas, que são capazes de influenciar sua estrutura e composição (Silberbauer-Gottsberger et al., 1977; Brando & Durigan, 2004). Essa e outras características, e.g., considerável diversidade (Leitão Filho, 1992), tornam as formações savânicas do sudeste imprescindíveis para futuros planos de conservação. Todavia, o pequeno número de estudos em muitas regiões do estado (Durigan et al., 2003), pode representar um obstáculo para o desenvolvimento de práticas de manejo e conservação efetivas (Coutinho, 1990). Algumas das questões que devem ser abordadas referem-se a práticas de manejo que consideram o uso do fogo para a manutenção de formações savânicas (Coutinho, 1990; Roberts, 2001; Medeiros, 2002). Essa prática pode afetar de diferentes formas esse bioma, e.g. a dinâmica da fauna e a ocorrência de vegetais invasores (Coutinho, 1990; Vieira & Marinho Filho, 1998; Briani et al., 2004; Hoffmann et al., 2004).

Poucos fragmentos savânicos possuem históricos que garantam uma eficiente supressão do fogo. Algumas exceções que devem ser citadas são os remanescentes localizados nos municípios de Mogi-guaçu e Pirassununga, ambos em São Paulo, e em

Paraopeba, Estado de Minas Gerais (Coutinho, 1990). A possibilidade de experimentos possam ser desenvolvidos em comunidades savânicas, onde o fator fogo foi suprimido por longos períodos de tempo, pode permitir que hipóteses, relacionadas a fatores abióticos diversos, possam ser testadas. Representa, também, uma interessante medida para o esclarecimento de dúvidas sobre questões teóricas, envolvendo a dinâmica de populações e comunidades vegetais, e a influência de diferentes fatores abióticos (Saunders et al., 1991; Pimm, 1993; D'Antonio & Dudley, 1995; Mueller-Dombois, 1995; Jeltsch et al., 2000), fornecendo informações para adequadas práticas de manejo e conservação dos cerrados no Brasil (Alho & Martins, 1995; Primack & Rodrigues, 2001).

O presente estudo pretendeu caracterizar florística e estruturalmente uma comunidade savânica protegida de incêndios por 43 anos, analisando a influência de fatores abióticos, e.g., do solo, e da própria topografia, na definição da composição e estrutura das duas fisionomias savânicas, cerrado *stricto sensu* e cerradão, presentes nesse remanescente.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1. A área de estudo

O presente trabalho foi desenvolvido no remanescente de cerrado pertencente ao Instituto de Biociências da UNESP, *campus* de Rio Claro, localizado no município de Corumbataí, Estado de São Paulo, nas coordenadas de referência 22° 15' S e 47° 00' W. É uma região acidentada, localizada na transição entre as regiões topográficas Depressão Periférica Norte e as Cuestas (Troppmair, 2000), próximo aos municípios de Analândia e Itirapina.

O referido remanescente está isolado há muitos anos. Atualmente permanece circundado por campos destinados ao cultivo de cana-de-açúcar. A área possui 38,8 ha, e não há registros de incêndios desde sua aquisição, há pouco mais de 40 anos (Camargo & Arens, 1967; Piccolo et al., 1971), embora a paisagem em seu entorno seja dominada por plantações de cana-de-açúcar. Os remanescentes mais próximos do fragmento savânico, localizados a poucos quilômetros, são compostos por fragmentos de floresta estacional semidecidual, nas encostas e no alto dos morros ao redor.

O solo foi classificado como latossolo amarelo, fase arenosa, embora a classificação adotada por outros autores tenha sido latossolo vermelho amarelo (Silva, 1989; Tauk & Marco, 1990). Esse tipo de solo é predominante na bacia do rio Corumbataí, ocorrendo como três grandes manchas, localizadas nas regiões noroeste, central e leste do município de Corumbataí (Silva, 2001).

A área apresentou lençol freático muito profundo. Uma informação que corrobora a grande profundidade do lençol freático faz referência a um poço aberto no local há alguns anos, como foi mencionado no capítulo 2, abandonado após ter atingido 30 m de profundidade sem que água fosse encontrada (Camargo & Arens, 1967). Essa informação desestimulou a realização de análises sobre a profundidade do lençol freático.

3.2.2. Procedimento de campo

A presença das fisionomias cerrado *s.s.* e cerradão no mosaico vegetacional foi confirmada após as primeiras incursões de campo e, com o auxílio de interpretação de fotografias aéreas, as suas distribuições foram definidas. A amostragem, contudo, na qual foram baseados os levantamentos florístico e fitossociológico do presente estudo, considerou igualmente ambas as fisionomias.

Ao longo de um gradiente topográfico, com declividade de aproximadamente 70 m, foram instaladas 43 parcelas com 10 m x 20 m cada uma, totalizando 8.600 m² de área amostral. As parcelas foram posicionadas de maneira contígua, ao longo de um transecto de 860 m, de maneira que ambas as fisionomias, cerrado *s.s.* e cerradão, fossem amostradas, e que estivessem distantes da região da borda do fragmento, e com seu maior eixo paralelo ao transecto. A fisionomia presente em cada parcela foi definida por análise visual, embora a clara separação entre as diferentes fisionomias do cerrado seja, muitas vezes, arbitrário (Oliveira Filho & Ratter, 2002).

Todos os indivíduos arbustivo-arbóreos, com pelo menos 1,5 m de altura, encontrados no interior das parcelas tiveram a altura total e o perímetro, a 30 cm do solo, medidos. Os indivíduos mortos foram igualmente medidos, e considerados na análise fitossociológica.

Em cada uma das parcelas foi obtida uma única amostra composta de solo, a partir de 15 sub-amostras, coletadas através de sondas de aço cilíndricas, introduzidas da superfície até à profundidade de 40 cm, após cuidadosa retirada da serapilheira. Esse material foi enviado para análises físico-químicas nos laboratórios da Universidade Federal de São Carlos, *campus* de Araras, Estado de São Paulo. Os resultados dessas análises foram interpretados segundo o Instituto da Potassa & Fosfato (1998) e Raij et al. (1996).

Os valores relacionados à topografia da área estudada, declividade e altimetria, foram definidos com a utilização do programa SIG IDRISI para Windows (Eastman, 1999), a partir das isolinhas do terreno, presentes nas cartas topográficas em escala 1:10.000.

Material botânico fértil foi coletado e incluído no Herbário Rioclarense (HRCB), sempre que possível. Uma listagem florística foi elaborada a partir das espécies arbustivo-arbóreas encontradas no interior das parcelas. A correta grafia dos nomes das espécies botânicas, bem como das abreviações dos nomes dos autores, foi conferida nas listagens florísticas disponibilizadas pelo Jardim Botânico de Missouri e encontradas no *The International Plant Names Index* (www.mobot.org, www.inpi.org).

3.2.3. Análise fitossociológica

Os descritores fitossociológicos de densidade, frequência e dominância relativas e o valor de importância (VI) das espécies encontradas no campo amostral, i.e., em 8.600 m², foram obtidos através do programa FITOPAC 1 (Shepherd, 1994). O mesmo programa foi utilizado para a obtenção de descritores fitossociológicos das diferentes parcelas, e.g., alturas máxima e média, dominância média, volume, número de indivíduos e o número de espécies, obtidos para cada uma das parcelas. Esses descritores, além do número de indivíduos, pertencentes às diferentes espécies, encontrados em cada parcela, foram posteriormente utilizados na análise multivariada.

As duas fisionomias também foram analisadas separadamente, a partir da definição em campo das parcelas de ocorrência. As parcelas P1 a P26 abrigaram o cerradão, enquanto que nas demais parcelas, P27 a P43, foi encontrada a fisionomia cerrado *s.s.* O

objetivo desse estudo foi fornecer informações que auxiliassem na definição de possíveis diferenças florísticas e estruturais entre ambas as fisionomias.

3.2.4. Análises estatísticas

O teste-t (*Student*) para amostras independentes foi utilizado na análise de diferenças significativas entre as médias dos descritores fitossociológicos (número de indivíduo e de espécies; área basal; dominâncias média e absoluta; alturas máxima e média; diâmetros mínimo, médio e máximo; volumes total, médio e relativo) das diferentes parcelas. Para isso, as parcelas foram agrupadas segundo a fisionomia dominante, e as médias desses descritores passaram pelo teste-t, após o teste de normalidade de Shapiro-Wilk (Zar, 1999; Santana & Ranal, 2004). Foram agrupadas como parcelas que abrigavam o cerradão as parcelas P1 a P26, e o cerrado *s.s.* as parcelas P27 a P 43, como foi mencionado acima.

A influência de fatores edáficos e do gradiente topográfico, sobre a composição florística e estrutura fitossociológica das duas fisionomias savânicas, foi inferida através de técnica de ordenação (Krebs, 1998), especificamente através de análise de correspondência (Ludwig & Reynolds, 1988) realizada pelo pacote estatístico PC-ORD para Windows versão 4.1 (McCune & Mefford, 1995). Com essa finalidade, foi utilizada a análise de correspondência canônica (CCA), também chamada de análise canônica de comunidades (Valentin, 2000). A significância dos resultados foi medida, posteriormente, pelo teste de randomização de Monte Carlo (McCune & Mefford, 1995).

Para a inferência da ação de fatores abióticos sobre a composição específica das parcelas, e das fisionomias savânicas abrigadas por elas, foi elaborada uma matriz contendo o número de indivíduos das espécies mais representativas, i.e., aquelas com pelo menos 10 indivíduos, totalizando 42 espécies. Assim, a matriz compreendeu 43 parcelas x 42 espécies. Nesta análise não foi considerada a simples presença ou ausência das diferentes espécies na área de estudo, o que poderia implicar em um mesmo peso ou valor para espécies representadas com maior ou menor número de indivíduos, mas foi considerado o número de indivíduos de cada população incluída (Martins, 1990).

No estudo sobre a possível influência de fatores abióticos (i.e. fatores físico-químicos edáficos e topográficos) sobre as características estruturais da vegetação encontrada nas duas fisionomias savânicas estudadas, outra matriz foi construída com descritores fitossociológicos das diferentes parcelas. Essa matriz foi elaborada, inicialmente, com 43 parcelas x 15 descritores.

As duas matrizes acima foram analisadas tendo como matriz secundária a elaborada com valores ambientais previamente selecionados. O uso preliminar da CCA auxiliou na definição dos descritores fitossociológicos das diferentes parcelas, fornecidos pelo FITOPAC, a serem incluídos na matriz para a análise de correlações entre fatores abióticos e a estrutura da comunidade savânica (Valentin, 2000). Para essa finalidade foram selecionados apenas 13 descritores fitossociológicos (os mesmos mencionados acima, e submetidos ao teste-t), sendo excluídos o descritor altura mínima, por representar um valor que foi repetido em todas as parcelas, e a densidade absoluta, pela redundância gerada com o número total de indivíduos por parcela.

Na matriz secundária, elaborada com os valores das variáveis ambientais, utilizada nas análises de ordenação envolvendo a composição florística e a estrutura fitossociológica, foram incluídos, inicialmente, 14 variáveis referentes às diferentes parcelas, i.e., fatores edáficos físico-químicos analisados (M.O., pH, K, H+Al, SB, CTC, V, argila, silte, areias grossa, fina e total), exceto P, Ca e Mg, por terem apresentado baixas variações, e declividade e altimetria. Após análise prévia, permaneceram apenas 5 desses fatores: matéria orgânica (M.O.), acidez potencial (H+Al), argila, areia grossa e areia fina. Os demais fatores químicos não foram incluídos por apresentarem pouca ou nenhuma variação ao longo do transecto. Os valores topográficos foram excluídos por terem sido fracamente correlacionados. Foi realizada também uma análise de componentes principais (PCA) para a definição das variáveis ambientais mais correlacionadas entre si e mais fortemente associadas aos primeiros eixos, através de uma matriz de correlação (McCune & Mefford, 1995).

3.3. RESULTADOS

3.3.1. Ocorrência das fisionomias

O cerradão é, atualmente, a fisionomia predominante no remanescente de cerrado estudado. Assim, a maior parte das parcelas abrigou cerradão em seus limites, enquanto que o cerrado *s.s.* foi encontrado entre as parcelas 27 a 43. Entretanto, a possibilidade de influência do cerrado *s.s.* sobre a composição de algumas das parcelas, e.g. as parcelas 24 e 25 não deve ser descartada (Figura 1).

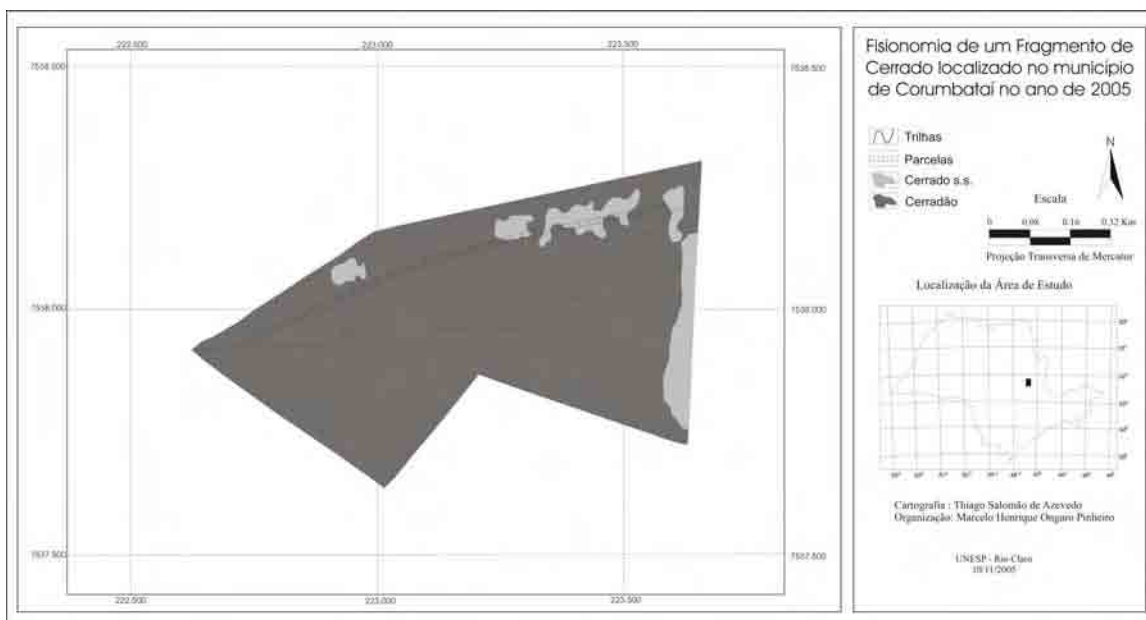


Figura 1 – Fragmento de cerrado estudado em Corumbataí, Estado de São Paulo, com a localização das parcelas e distribuição aproximada das duas fisionomias, cerradão e cerrado *s.s.*

3.3.2. Análises físico-químicas edáficas

De maneira geral, em ambas as fisionomias, os valores para P Resina, K, Ca, Mg, soma de bases (SB) e saturação por bases (V) foram baixos. A capacidade de troca catiônica (CTC) em ambas as fisionomias apresentaram valores médios. Diferenças foram percebidas, todavia, nos valores obtidos para matéria orgânica (M.O.) e acidez potencial (H+Al) entre as duas fisionomias. No cerradão, os valores para a M.O. foram médios, enquanto que no cerrado *s.s.* variaram de valores baixos a médios. Os valores para H+Al foram considerados médios nas amostras coletadas nas parcelas no cerrado *s.s.* Nas parcelas do cerradão os valores para acidez potencial variaram de médios a altos. A acidez foi muito alta em todas as parcelas de ambas as fisionomias (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores das análises químicas edáficas para as amostras de solos coletadas (0-40 cm) nas parcelas em ambas as fisionomias. Os valores de K, Ca, Mg, H+Al, SB e CTC foram medidos em mmol_c/dm³.

	P Resina mg/dm ³	M.O. g/dm ³	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
cerradão	1-4	16-29	3,8-4,0	0,4-0,7	1-2	1	34-55	2,3-2,7	36,6-57,5	4-8
cerrado s.s.	1-3	12-20	3,8-4,0	0,3-0,6	1	1	29-52	2,3-2,6	36,3-54,5	5-7

A textura encontrada no solo coletado nas parcelas do cerradão foi considerada como areia franca. Para o cerrado s.s., o solo foi definido como possuidor de uma textura classificada como areia. Embora tenham ocorrido dois valores que poderiam ser definidos como areia franca, as demais parcelas apresentaram solos com textura mais arenosa (Tabela 2).

Tabela 2 – Valores da análise granulométrica para as amostras de solos coletadas (0-40 cm) nas parcelas em ambas as fisionomias. A notação utilizada para os valores de textura foi a porcentagem.

	Argila	Areia grossa	Areia fina	Areia total	silte
cerradão	6-19	38-68	19-48	74-87	0-12
cerrado s.s.	2-11	61-74	11-28	83-90	0-11

3.3.3. Levantamentos florístico e fitossociológico

A relação florística da área de estudo foi composta por um total de 103 espécies, pertencentes a 43 famílias. As famílias com o maior número de espécies foram: Myrtaceae com 13 espécies, Melastomataceae com 7, Asteraceae com 6; Euphorbiaceae, Rubiaceae e Vochysiaceae, cada uma com 5 espécies. Contribuíram com apenas uma espécie 21 famílias. Dentre elas Apocynaceae, Chrysobalanaceae, Meliaceae e Thymeliaceae (Tabela 3).

O índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') para as espécies foi igual a 3,06, um valor considerado baixo, quando comparado aos valores encontrados em formações savânicas no Estado de São Paulo, e em regiões do país.

Tabela 3 – Relação florística das espécies arbustivo-arbóreas da reserva de cerrado de Corumbataí. Abreviações das espécies incluídas nas análises de correlação canônica (CCA) e utilizadas na figura 3.

Famílias/espécies	Abreviações
Annonaceae	
<i>Annona cacans</i> Warm.	
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	Xyl aro
<i>Xylopia brasiliensis</i> Spreng.	
Apocynaceae	
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	
Aquifoliaceae	
<i>Ilex cerasifolia</i> Reiss.	Ile cer
Araliaceae	
<i>Schefflera vinosa</i> (Cham. & Schltdl.) Frodin & Fiaschi	Sch vin
Arecaceae	
<i>Syagrus flexuosa</i> (Mart.) Becc.	
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	
Asteraceae	
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.*	Bac dra
<i>Eupatorium ganophyllum</i> Mattf.	
<i>Eupatorium vauthierianum</i> DC.	
<i>Gochnatia pulchra</i> Cabrera	
<i>Piptocarpha axillaris</i> (Less.) Baker	
<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	
Bignoniaceae	
<i>Jacaranda caroba</i> (Vell.) A. DC.	
<i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl.	
Bombacaceae	
<i>Eriotheca gracilipes</i> (K. Schum.) A. Robyns	
Burseraceae	
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	
Caesalpiniaceae	
<i>Bauhinia rufa</i> (Bong.) Steud.	Bau ruf
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Cop lan
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	
Celastraceae	
<i>Austroplenckia populnea</i> (Reissek) Lundell	
<i>Maytenus robusta</i> Reissek	
Chrysobalanaceae	
<i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth. ex Hook. f.	Cou gran
Combretaceae	
<i>Terminalia brasiliensis</i> (Cambess. ex A. St.-Hil.) Eichler	
Connaraceae	
<i>Connarus suberosus</i> Planch.	

Tabela 3 – Continuação.

Famílias/espécies	Abreviações
Erythroxylaceae	
<i>Erythroxylum cuneifolium</i> (Mart.) O.E. Schulz	Ery cun
<i>Erythroxylum pelleterianum</i> A. St.-Hil.	Ery pel
<i>Erythroxylum suberosum</i> A. St.-Hil.	
Euphorbiaceae	
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	Cro flo
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	Per gla
<i>Sapium marginatum</i> Müll. Arg.	
<i>Savia dictyocarpa</i> Müll. Arg.	
<i>Sebastiania</i> sp	
Fabaceae	
<i>Acosmium subelegans</i> (Mohlenbr.) Yakovlev	
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	Dal mis
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	Mac acu
<i>Machaerium villosum</i> Vogel	
Flacourtiaceae	
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	
Lacistemataceae	
<i>Lacistema floribundum</i> Miq.	Lac flor
<i>Lacistema hasslerianum</i> Chodat	
Lauraceae	
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	Nec meg
<i>Ocotea acutifolia</i> (Nees) Mez	Oco acu
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees) Mez	Oco pul
<i>Persea pyrifolia</i> (D. Don) Spreng.	
Loganiaceae	
<i>Strychnos brasiliensis</i> (Spreng.) Mart.	
Lythraceae	
<i>Lafoensia pacari</i> A. St.-Hil.	
Malpighiaceae	
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	
<i>Byrsonima intermedia</i> A. Juss.	Byr int
Melastomataceae	
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	Mic alb
<i>Miconia chartacea</i> Triana	Mic cha
<i>Miconia ligustroides</i> (DC.) Naudin	Mic lig
<i>Miconia rubiginosa</i> (Bonpl.) DC.	Mic rub
<i>Miconia sellowiana</i> Naudin	Mic sel
<i>Miconia stenostachya</i> DC.	Mic ste
<i>Tibouchina stenocarpa</i> (DC.) Cogn.	
Meliaceae	
<i>Trichilia hirta</i> L.	

Tabela 3 – Continuação.

Famílias/espécies	Abreviações
Mimosaceae	
<i>Anadenanthera falcata</i> (Benth.) Speg.	Ana fal
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	
<i>Stryphnodendron obovatum</i> Benth.	
<i>Stryphnodendron polyphyllum</i> Mart.	
Monimiaceae	
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	Sip gui
Moraceae	
<i>Ficus arpazusa</i> Casar.	
Myristicaceae	
<i>Virola sebifera</i> Aubl.	Vir seb
Myrsinaceae	
<i>Rapanea umbellata</i> (Mart.) Mez	Rap um
Myrtaceae	
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O. Berg	Ble sal
<i>Calyptranthes clusiaefolia</i> (Miq.) O. Berg	Cal clu
<i>Campomanesia guaviroba</i> (DC.) Kiaersk.	Cam gua
<i>Campomanesia guazumifolia</i> (Cambess.) O. Berg	
<i>Eugenia aurata</i> O. Berg	
<i>Eugenia hyemalis</i> Cambess.	Eug hye
<i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC.	Eug pun
<i>Myrcia bella</i> Cambess.	
<i>Myrcia formosiana</i> DC.	Myr for
<i>Myrcia lingua</i> (O. Berg) Mattos & D. Legrand	Myr lin
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	
<i>Myrciaria ciliolata</i> (Cambess.) O. Berg	
<i>Siphoneugena guilfoyleiana</i> C. Proenca	Siph gui
Nyctaginaceae	
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	
<i>Neea theifera</i> Orsted	
Ochnaceae	
<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart. ex Engl.) Engl.	Our spe
Polygalaceae	
<i>Bredemeyera floribunda</i> Willd.	Bre flo
Proteaceae	
<i>Roupala montana</i> Aubl.	Rou mon
Rubiaceae	
<i>Alibertia macrophylla</i> K. Schum.	
<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	Ama gui
<i>Palicourea macgravii</i> St. Hil.	Pal mac
<i>Psychotria sessilis</i> Vell.	Psy ses
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K. Schum.	

Tabela 3 – Continuação.

Famílias/espécies	Abreviações
Rutaceae	
<i>Esenbeckia grandiflora</i> Mart.	
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	
Sapotaceae	
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	
<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.	Pou tor
Styracaceae	
<i>Styrax camporum</i> Pohl	Sty cam
<i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.	
Symplocaceae	
<i>Symplocos pubescens</i> Klotzsch ex Benth.	
Thymeliaceae	
<i>Daphnopsis fasciculata</i> (Meisn.) Nevling	Dap fasc
Verbenaceae	
<i>Vitex polygama</i> Cham.	
Vochysiaceae	
<i>Qualea dichotoma</i> (Mart.) Warm.	Qual dic
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Qual gra
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	
<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	Voc tuc

O levantamento fitossociológico da comunidade savânica relacionou um total de 12.620 indivíduos nas 43 parcelas. Os descritores fitossociológicos das diferentes espécies foram organizados, de maneira decrescente, a partir de seus Valores de Importância (VI) (Tabela 2). As cinco espécies mais numerosas no campo amostral, e algumas das mais importantes quanto ao VI: *Daphnopsis fasciculata* (2.524 indivíduos), *Amaioua guianensis* (1.452), *Copaifera langsdorffii* (831), *Miconia chartacea* (769) e *Ocotea pulchella* (644), representaram cerca de 50% do número total de indivíduos amostrados. Os indivíduos mortos, alguns com porte arbóreo desenvolvido, apresentaram o segundo maior valor para o VI (23,29), sendo também um grupo muito numeroso.

As quatro espécies mais importantes quanto ao VI, além dos indivíduos mortos, apresentaram o mesmo valor para frequência relativa (Tabela 4), ocorrendo em praticamente todo o campo amostral. Outras espécies também ocorreram amplamente no campo amostral, e.g. *Anadenanthera falcata*, *Ilex cerasifolia*, *Schefflera vinosa*, *Siparuna guianensis*.

A espécie vegetal com maior densidade relativa nos 8.600 m² amostrados foi *Daphnopsis fasciculata* (Meisn.) Nevling, com 19.92, e apresentou o valor de 8.05 para dominância relativa. Contudo, o maior valor para dominância relativa foi apresentado pelos indivíduos mortos, 11.46. Os altos valores para dominância relativa, tanto para *C. langsdorffii*, como para *P. glabrata*, contribuíram para suas posições quanto ao VI (Tabela 4).

Tabela 4 – Valores para os descritores fitossociológicos das populações encontradas em toda a área amostrada no cerrado de Corumbataí. **N.I.** – Número de indivíduos. **N.A.** – Número de parcelas que a espécie ocorreu. **De.R.** – Densidade Relativa. **Do.R.** – Dominância relativa. **Fr.R.** – Freqüência relativa. **VI** – Valor de importância.

	N.I.	N.A.	De.R.	Do.R.	Fr.R.	VI
<i>Daphnopsis fasciculata</i>	2514	43	19.92	8.05	3.01	30.98
mortos	1113	43	8.82	11.46	3.01	23.29
<i>Amaioua guianensis</i>	1452	43	11.51	6.45	3.01	20.96
<i>Copaifera langsdorffii</i>	831	43	6.58	8.87	3.01	18.46
<i>Pera glabrata</i>	358	43	2.84	9.98	3.01	15.83
<i>Ocotea pulchella</i>	644	42	5.1	5.68	2.94	13.73
<i>Miconia chartacea</i>	769	39	6.09	2.86	2.73	11.69
<i>Siparuna guianensis</i>	783	43	6.2	2	3.01	11.22
<i>Anadenanthera falcata</i>	114	39	0.9	4.55	2.73	8.19
<i>Blepharocalix salicifolius</i>	234	36	1.85	3.6	2.52	7.98
<i>Rapanea umbellata</i>	465	41	3.68	1.05	2.87	7.61
<i>Miconia sellowiana</i>	85	38	0.67	3.99	2.66	7.32
<i>Virola sebifera</i>	233	43	1.85	2.17	3.01	7.03
<i>Psychotria sessilis</i>	409	39	3.24	0.35	2.73	6.32
<i>Vochysia tucanorum</i>	167	39	1.32	2.25	2.73	6.31
<i>Siphoneugena guilfoyleiana</i>	143	21	1.13	3.18	1.47	5.78
<i>Qualea grandiflora</i>	48	22	0.38	3.76	1.54	5.68
<i>Myrcia formoseana</i>	216	33	1.71	1.61	2.31	5.63
<i>Myrcia lingua</i>	194	40	1.54	1.19	2.8	5.53
<i>Dalbergia miscolobium</i>	55	24	0.44	3.37	1.68	5.49
<i>Miconia rubiginosa</i>	157	33	1.24	1.56	2.31	5.11
<i>Eugenia puniceifolia</i>	203	42	1.61	0.34	2.94	4.9
<i>Schefflera vinosa</i>	152	43	1.2	0.09	3.01	4.31
<i>Ilex cerasifolia</i>	113	36	0.9	0.49	2.52	3.9
<i>Styrax camporum</i>	110	34	0.87	0.52	2.38	3.77
<i>Campomanesia guaviroba</i>	155	30	1.23	0.39	2.1	3.72
<i>Ouratea spectabilis</i>	51	21	0.4	1.4	1.47	3.27
<i>Couepia grandiflora</i>	33	13	0.26	2.04	0.91	3.22
<i>Ocotea acutifolia</i>	82	18	0.65	1.05	1.26	2.96
<i>Byrsonima intermedia</i>	55	26	0.44	0.28	1.82	2.53
<i>Roupala montana</i>	35	23	0.28	0.49	1.61	2.38
<i>Xylopia aromatica</i>	71	18	0.56	0.53	1.26	2.35
<i>Miconia albicans</i>	64	22	0.51	0.2	1.54	2.25
<i>Bauhinia rufa</i>	38	23	0.3	0.04	1.61	1.95
<i>Machaerium acutifolium</i>	27	19	0.21	0.37	1.33	1.91

Tabela 4 – Continuação.

	N.I.	N.A.	De.R	Do.R.	Fr.R.	VI
<i>Eugenia hyemalis</i>	40	20	0.32	0.12	1.4	1.84
<i>Qualea dichotoma</i>	29	14	0.23	0.48	0.98	1.7
<i>Erythroxylum pelleterianum</i>	23	16	0.18	0.01	1.12	1.31
<i>Pouteria torta</i>	11	6	0.09	0.63	0.42	1.14
<i>Lacistema floribundum</i>	27	12	0.21	0.03	0.84	1.08
<i>Miconia ligustroides</i>	15	9	0.12	0.07	0.63	0.82
<i>Miconia stenostachya</i>	10	9	0.08	0.04	0.63	0.75
<i>Nectandra megapotamica</i>	19	6	0.15	0.15	0.42	0.72
<i>Baccharis dracunculifolia</i>	44	4	0.35	0.08	0.28	0.71
<i>Calyptranthes clusiaefolia</i>	14	7	0.11	0.07	0.49	0.67
<i>Eriotheca gracilipes</i>	9	6	0.07	0.16	0.42	0.65
<i>Austroplenckia populnea</i>	7	6	0.06	0.16	0.42	0.63
<i>Erythroxylum suberosum</i>	8	7	0.06	0.03	0.49	0.59
<i>Erythroxylum cuneifolium</i>	10	7	0.08	0.01	0.49	0.58
<i>Bredemeyera floribunda</i>	10	7	0.08	0	0.49	0.57
<i>Jacaranda caroba</i>	8	7	0.06	0.01	0.49	0.56
<i>Guapira noxia</i>	5	5	0.04	0.12	0.35	0.51
<i>Pouteria ramiflora</i>	4	4	0.03	0.2	0.28	0.51
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	3	3	0.02	0.23	0.21	0.47
<i>Syagrus flexuosa</i>	6	4	0.05	0.13	0.28	0.46
<i>Palicourea macgravii</i>	12	5	0.1	0.01	0.35	0.45
<i>Tabebuia ochracea</i>	6	5	0.05	0.04	0.35	0.44
<i>Styrax ferrugineus</i>	7	5	0.06	0.01	0.35	0.42
<i>Eupatorium vanthierianum</i>	7	5	0.06	0	0.35	0.41
<i>Croton floribundus</i>	11	4	0.09	0.03	0.28	0.4
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	4	4	0.03	0.07	0.28	0.38
<i>Qualea multiflora</i>	6	4	0.05	0.05	0.28	0.38
<i>Campomanesia guazumifolia</i>	7	4	0.06	0.01	0.28	0.35
<i>Aspidosperma tomentosum</i>	5	4	0.04	0.02	0.28	0.34
<i>Casearia sylvestris</i>	5	4	0.04	0.02	0.28	0.34
<i>Annona cacans</i>	4	4	0.03	0.02	0.28	0.33
<i>Dimorphandra mollis</i>	4	3	0.03	0.08	0.21	0.33
<i>Eupatorium gamophyllum</i>	4	4	0.03	0.01	0.28	0.33
<i>Stryphnodendron obovatum</i>	4	4	0.03	0	0.28	0.32
<i>Stryphnodendron adstringens</i>	1	1	0.01	0.19	0.07	0.26
<i>Machaerium vilosum</i>	3	3	0.02	0.01	0.21	0.25
<i>Tibouchina stenostachya</i>	3	3	0.02	0.01	0.21	0.25
<i>Vitex polygama</i>	1	1	0.01	0.17	0.07	0.25
<i>Ficus arpazusa</i>	3	3	0.02	0.01	0.21	0.24
<i>Lafoensia pacari</i>	3	3	0.02	0.01	0.21	0.24
<i>Neea theifera</i>	3	3	0.02	0.01	0.21	0.24
<i>Terminalia brasiliensis</i>	2	2	0.02	0.07	0.14	0.23
<i>Myrcia tomentosa</i>	4	2	0.03	0.03	0.14	0.21
<i>Gochnatia pulchra</i>	2	2	0.02	0.01	0.14	0.17
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	3	2	0.02	0	0.14	0.17
<i>Esenbeckia grandiflora</i>	2	2	0.02	0.01	0.14	0.16
<i>Piptocarpha rotundifolia</i>	2	2	0.02	0.01	0.14	0.16
<i>Stryphnodendron polyphyllum</i>	2	2	0.02	0	0.14	0.16
<i>Symplocos pubescens</i>	2	2	0.02	0	0.14	0.16
<i>Trichilia hirta</i>	2	2	0.02	0	0.14	0.16

Tabela 4 – Continuação.

	N.I.	N.A.	De.R.	Do.R.	Fr.R.	VI
<i>Persea pyrifolia</i>	1	1	0.01	0.03	0.07	0.11
<i>Piptocarpha axillaris</i>	1	1	0.01	0.03	0.07	0.11
<i>Eugenia aurata</i>	2	1	0.02	0.01	0.07	0.1
<i>Protium heptaphyllum</i>	1	1	0.01	0.02	0.07	0.1
<i>Myrcia bella</i>	2	1	0.02	0.01	0.07	0.09
<i>Strychnos brasiliensis</i>	1	1	0.01	0.01	0.07	0.09
<i>Acosmium subelegans</i>	1	1	0.01	0	0.07	0.08
<i>Alibertia macrophylla</i>	1	1	0.01	0	0.07	0.08
<i>Annona crassiflora</i>	1	1	0.01	0	0.07	0.08
<i>Conarus suberosus</i>	1	1	0.01	0	0.07	0.08
<i>Lacistema hasslerianum</i>	1	1	0.01	0	0.07	0.08
<i>Maytenus robusta</i>	1	1	0.01	0	0.07	0.08
<i>Myrciaria ciliolata</i>	1	1	0.01	0	0.07	0.08
<i>Qualea parviflora</i>	1	1	0.01	0	0.07	0.08
<i>Sapium marginatum</i>	1	1	0.01	0	0.07	0.08
<i>Savia dictiocarpa</i>	1	1	0.01	0	0.07	0.08
<i>Sebastiania sp</i>	1	1	0.01	0	0.07	0.08
<i>Tocoyena formosa</i>	1	1	0.01	0	0.07	0.08
<i>Xylopia brasiliensis</i>	1	1	0.01	0	0.07	0.08

Os valores para os descritores fitossociológicos das duas fisionomias foram organizados, novamente, segundo os Valores de Importância (VI), dispostos de maneira decrescente. Os resultados dessa análise foram apresentados separadamente nas tabelas 5 e 6. O cerradão apresentou, nas 26 das parcelas (5200 m²) em que ocorreu, um total de 7.377 indivíduos. O índice de Shannon-Wiener (H') foi igual a 2,92. As nove espécies mais importantes quanto ao VI para a fisionomia cerradão (Tabela 5), foram as mesmas nove mais importantes na análise para toda a comunidade, com exceção de *Virola sebifera*, que não figura entre as nove na análise de toda a comunidade (Tabela 4). As duas espécies mais importantes para esse descritor, nas análises do cerradão e de toda a comunidade, foram *Daphnopsis fasciculata* e *Amaioua guianensis*. Os indivíduos mortos ocuparam a mesma posição para o VI em ambas as análises, com um valor superior para o cerradão (25,13).

O estudo fitossociológico das parcelas do cerrado *s.s.* resultou das medições de 5.243 indivíduos, em 17 parcelas (3400 m²). O H' nessa análise atingiu o valor de 3,15, que foi superior ao do cerradão. Foi superior também ao da comunidade, estudo baseado na totalidade das 43 parcelas, igual a 3,06. No cerrado *s.s.* os mortos apresentaram o terceiro maior valor para o VI (20,81), enquanto que *Daphnopsis fasciculata* foi, mais uma vez, a primeira para o VI (Tabela 6). A maioria das nove populações mais importantes para o VI

Tabela 5 – Valores para os descritores fitossociológicos para as populações encontradas no cerradão, encontrado no fragmento de cerrado de Corumbataí. **N.I.** – Número de indivíduos. **N.A.** – Número de parcelas que a espécie ocorreu. **De.R.** – Densidade Relativa. **Do.R.** – Dominância relativa. **Fr.R.** – Freqüência relativa. **VI** – Valor de importância. **Al.Ma.** – Altura máxima. **Al.Me.** – Altura média. **Di.Ma.** – Diâmetro máximo. **Di.Me.** – Diâmetro médio.

	N.I.	N.A.	De.R.	Do.R.	Fr.R.	VI	Al.Ma.	Al.Me.	Di.Ma.	Di.Me.
<i>Daphnopsis fasciculata</i>	1450	26	19.66	8.5	3.22	31.38	13.5	4.2	17.2	2.9
<i>mortos</i>	732	26	9.92	11.98	3.22	25.13	11	3	37.9	4.7
<i>Amaioua guianensis</i>	982	26	13.31	7.29	3.22	23.82	11	3.5	39.5	3.2
<i>Pera glabrata</i>	227	26	3.08	13.84	3.22	20.14	14.5	7.2	62.1	9.6
<i>Miconia chartacea</i>	656	25	8.89	4.17	3.1	16.16	11	3.8	25.2	3
<i>Ocotea pulchella</i>	417	26	5.65	6.84	3.22	15.72	12	4.6	29.3	5.2
<i>Copaifera langsdorffii</i>	456	26	6.18	6.17	3.22	15.58	13	3.1	80.2	3.2
<i>Siparuna guianensis</i>	420	26	5.69	1.51	3.22	10.43	10	3.3	13.7	2.4
<i>Virola sebifera</i>	185	26	2.51	3.65	3.22	9.38	12	4.9	23.2	5.3
<i>Anadenanthera falcata</i>	51	23	0.69	4.33	2.85	7.87	13	6.7	37.9	12
<i>Miconia sellowiana</i>	47	23	0.64	3.83	2.85	7.32	12.5	7.6	31.8	12.1
<i>Rapanea umbellata</i>	224	24	3.04	0.94	2.97	6.95	11	3.4	10.2	2.7
<i>Vochysia tucanorum</i>	100	23	1.36	2.25	2.85	6.45	12	4.1	19.4	5.9
<i>Dalbergia miscolobium</i>	37	16	0.5	3.82	1.98	6.3	13	7.7	29.6	14.9
<i>Blepharocalix salicifolius</i>	116	19	1.57	2.36	2.35	6.28	12	4.6	19.1	5.6
<i>Myrcia formoseana</i>	136	22	1.84	1.6	2.73	6.17	12	3.8	19.4	4.2
<i>Siphoneugena guilfoyleiana</i>	65	15	0.88	2.82	1.86	5.56	13	4.9	38.8	6.6
<i>Miconia rubiginosa</i>	80	19	1.08	1.75	2.35	5.19	10	5.4	13.4	6.7
<i>Psychotria sessilis</i>	160	22	2.17	0.21	2.73	5.11	7	2.3	6.4	1.6
<i>Myrcia lingua</i>	107	23	1.45	0.76	2.85	5.06	11	3	27.2	3
<i>Qualea grandiflora</i>	29	13	0.39	3	1.61	5	10	5.6	28.3	14.4
<i>Eugenia puniceifolia</i>	94	25	1.27	0.3	3.1	4.68	11.5	3.2	13.4	2.2
<i>Didymopanax vinosum</i>	88	26	1.19	0.1	3.22	4.52	5	2.5	3.7	1.6
<i>Ilex cerasifolia</i>	72	23	0.98	0.5	2.85	4.32	10	4.5	8.6	3.7
<i>Styrax camporum</i>	45	20	0.61	0.38	2.48	3.47	9	3.1	15.3	3.4
<i>Campomanesia guaviroba</i>	30	14	0.41	0.1	1.73	2.24	4.5	2.2	5.7	2.6
<i>Ocotea acutifolia</i>	32	8	0.43	0.81	0.99	2.23	12	6.5	17.5	6.8
<i>Byrsonima intermedia</i>	23	13	0.31	0.24	1.61	2.16	12	4.5	17.2	3.9
<i>Eugenia hyemalis</i>	30	12	0.41	0.2	1.49	2.09	10	3.2	12.7	3.1
<i>Roupala montana</i>	14	10	0.19	0.41	1.24	1.84	11.5	4.2	17.2	7.4
<i>Bauhinia rufa</i>	22	12	0.3	0.04	1.49	1.83	3.5	2.2	4.3	2.1
<i>Lacistema floribundum</i>	24	10	0.33	0.04	1.24	1.61	7	3.1	4.8	1.9
<i>Miconia albicans</i>	20	9	0.27	0.16	1.12	1.55	8	2.6	15.6	3.2
<i>Machaerium acutifolium</i>	10	9	0.14	0.22	1.12	1.47	6.5	3.8	13.4	6.5
<i>Qualea dichotoma</i>	13	6	0.18	0.54	0.74	1.46	10	4.7	22.3	8.9
<i>Erythroxylum pelleterianum</i>	15	10	0.2	0.01	1.24	1.45	3	2	1.9	1.2
<i>Pouteria torta</i>	4	3	0.05	0.94	0.37	1.37	6	5	31.8	23.9
<i>Ouratea spectabilis</i>	10	7	0.14	0.35	0.87	1.35	7	3.5	14	8.8
<i>Couepia grandiflora</i>	4	4	0.05	0.69	0.5	1.24	5	3.5	32.8	16.6
<i>Xylopia aromatica</i>	9	7	0.12	0.17	0.87	1.16	12	6.4	11.1	5.8
<i>Calyptantes clusiaefolia</i>	13	6	0.18	0.11	0.74	1.03	9	3.9	12.7	3.4
<i>Austroplenckia populnea</i>	6	5	0.08	0.27	0.62	0.97	12	4.9	21.6	8.6
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	3	3	0.04	0.42	0.37	0.83	11	8.3	25.5	18
<i>Palicourea macgravii</i>	12	5	0.16	0.01	0.62	0.79	4.5	2.2	2.9	1.3
<i>Croton floribundus</i>	11	4	0.15	0.05	0.5	0.69	7.5	3.4	8.9	2.5
<i>Jacaranda caroba</i>	5	5	0.07	0.01	0.62	0.69	2	1.9	2.5	1.8

Tabela 5 – Continuação.

	N.I.	N.A.	De.R.	Do.R.	Fr.R.	VI	Al.Ma.	Al.Me.	Di.Ma.	Di.Me.
<i>Campomanesia guazumifolia</i>	7	4	0.09	0.02	0.5	0.61	2.5	2.2	2.9	2.5
<i>Qualea multiflora</i>	4	3	0.05	0.05	0.37	0.48	6	3.5	9.9	5.1
<i>Tabebuia ochracea</i>	4	3	0.05	0.05	0.37	0.48	5	3.9	8.3	5.6
<i>Stryphnodendron adstringens</i>	1	1	0.01	0.33	0.12	0.47	9	9	29.3	29.3
<i>Casearia sylvestris</i>	4	3	0.05	0.04	0.37	0.47	8	4.3	8.6	4.4
<i>Miconia ligustroides</i>	4	3	0.05	0.02	0.37	0.45	5	2.9	7.3	2.8
<i>Machaerium vilosum</i>	3	3	0.04	0.02	0.37	0.44	6	4.5	5.4	4.2
<i>Erythroxylum suberosum</i>	4	3	0.05	0.01	0.37	0.43	2.5	2.1	2.5	1.8
<i>Stryphnodendron obovatum</i>	3	3	0.04	0.01	0.37	0.42	2.5	1.8	2.9	2.2
<i>Terminalia brasiliensis</i>	2	2	0.03	0.13	0.25	0.41	11.5	10.3	15.6	12.7
<i>Syagrus flexuosa</i>	4	2	0.05	0.06	0.25	0.36	1.7	1.6	6.4	6.1
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	2	2	0.03	0.05	0.25	0.33	6.5	4.3	11.5	6.8
<i>Annona cacans</i>	2	2	0.03	0.03	0.25	0.31	7.5	6.3	8.3	6.1
<i>Bredemeyera floribunda</i>	4	2	0.05	0	0.25	0.3	2	1.6	1.3	1
<i>Tibouchina stenostachya</i>	2	2	0.03	0.03	0.25	0.3	3	2.8	7	5.7
<i>Aspidosperma tomentosum</i>	2	2	0.03	0.02	0.25	0.3	3	2.8	6.4	5.4
<i>Miconia stenostachya</i>	2	2	0.03	0.02	0.25	0.3	9.5	5.7	7.6	4.4
<i>Gochnatia pulchra</i>	2	2	0.03	0.02	0.25	0.29	2.5	2.5	6.4	4.6
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	3	2	0.04	0	0.25	0.29	5.5	3.3	2.9	2
<i>Erythroxylum cuneifolium</i>	3	2	0.04	0	0.25	0.29	4.5	3	2.2	1.9
<i>Ficus arpazusa</i>	2	2	0.03	0.02	0.25	0.29	3.5	3.3	6.1	4.1
<i>Guapira noxia</i>	2	2	0.03	0.02	0.25	0.29	2	1.9	5.1	4.5
<i>Lafoensia pacari</i>	2	2	0.03	0.01	0.25	0.28	5.5	3.8	4.5	2.9
<i>Neea theifera</i>	2	2	0.03	0.01	0.25	0.28	2	1.8	3.5	2.2
<i>Trichilia hirta</i>	2	2	0.03	0	0.25	0.28	2.5	2.3	1.9	1.6
<i>Symplocos pubescens</i>	2	2	0.03	0	0.25	0.28	1.9	1.7	1.3	1.1
<i>Nectandra megapotamica</i>	1	1	0.01	0.12	0.12	0.25	12	12	17.2	17.2
<i>Dimorphandra mollis</i>	1	1	0.01	0.06	0.12	0.2	4	4	12.7	12.7
<i>Persea pyrifolia</i>	1	1	0.01	0.06	0.12	0.19	7	7	12.1	12.1
<i>Eugenia aurata</i>	2	1	0.03	0.03	0.12	0.18	2	2	6.1	5.7
<i>Myrcia tomentosa</i>	1	1	0.01	0.02	0.12	0.16	1.5	1.5	7.3	7.3
<i>Styrax ferrugineus</i>	1	1	0.01	0.02	0.12	0.15	3	3	6.4	6.4
<i>Connarus suberosus</i>	1	1	0.01	0.01	0.12	0.15	4	4	5.4	5.4
<i>Esenbeckia grandiflora</i>	1	1	0.01	0.01	0.12	0.15	4.5	4.5	4.5	4.5
<i>Qualea parviflora</i>	1	1	0.01	0.01	0.12	0.14	3	3	3.8	3.8
<i>Piptocarpha rotundifolia</i>	1	1	0.01	0	0.12	0.14	3.5	3.5	3.2	3.2
<i>Eriotheca gracilipes</i>	1	1	0.01	0	0.12	0.14	1.5	1.5	2.2	2.2
<i>Sapium marginatum</i>	1	1	0.01	0	0.12	0.14	3	3	1.9	1.9
<i>Pouteria ramiflora</i>	1	1	0.01	0	0.12	0.14	1.5	1.5	1.6	1.6
<i>Tocoyena formosa</i>	1	1	0.01	0	0.12	0.14	1.5	1.5	1.3	1.3
<i>Lacistema hasslerianum</i>	1	1	0.01	0	0.12	0.14	1.8	1.8	1.3	1.3
<i>Eupatorium vanthierianum</i>	1	1	0.01	0	0.12	0.14	1.5	1.5	0.9	0.9

no cerrado s.s. foram coincidentes com as do cerradão, com exceção de *Blepharocalyx salicifolius* e *Rapanea umbellata*, que demonstraram grande importância para esse descritor no cerrado s.s. Entre essas nove populações mais importantes para o VI, quando comparadas às mesmas nove para a fisionomia cerradão, não fez parte *Miconia chartacea*.

Em ambas as fisionomias, as populações que ocuparam as posições mais importantes para o VI, como foi mencionado acima, foram favorecidas pelos altos valores de densidade e dominância relativas. Essas populações apresentaram frequência relativa pouco variável, indicando uma distribuição similar no campo amostral.

A altura média e diâmetro médio das populações encontradas nas parcelas do cerrado *s.s.* foram iguais a 3,46 m e 4,09 cm, respectivamente. Enquanto que no cerradão, os valores encontrados foram, respectivamente, 3,90 m e 3,98 cm. O valor pouco maior para o diâmetro médio, encontrado no cerrado *s.s.*, pode ter decorrido do maior número de indivíduos perfilhados.

Entre as populações mais importantes para o VI, houve diferenças para a altura média entre as duas fisionomias, embora não tenham sido muito grandes. Entre essas populações, devem ser salientadas *D. fasciculata*, *Pera glabrata* e *Ocotea pulchella*, algumas das mais numerosas em ambas as fisionomias, que apresentaram alturas médias maiores no cerradão (Tabelas 5 e 6). Os indivíduos mortos também apresentaram diferenças para a altura média entre as duas fisionomias, sendo esse valor médio superior no cerradão.

Tabela 6 – Valores para os descritores fitossociológicos para as populações encontradas no cerrado *s.s.*, encontrado no fragmento de cerrado de Corumbataí. **N.I.** – Número de indivíduos. **N.A.** – Número de parcelas que a espécie ocorreu. **De.R.** – Densidade Relativa. **Do.R.** – Dominância relativa. **Fr.R.** – Frequência relativa. **VI** – Valor de importância. **Al.Ma.** – Altura máxima. **Al.Me.** – Altura média. **Di.Ma.** – Diâmetro máximo. **Di.Me.** – Diâmetro médio.

	N.I.	N.A.	De.R.	Do.R.	Fr.R.	VI	Al.Ma.	Al.Me.	Di.Ma.	Di.Me.
<i>Daphnopsis fasciculata</i>	1064	17	20.29	7.47	2.74	30.51	14	3.8	23.5	2.7
<i>Copaifera langsdorffii</i>	375	17	7.15	12.28	2.74	22.18	14.5	3.3	92	4.2
Mortos	381	17	7.27	10.8	2.74	20.81	8	2.5	50.6	5.2
<i>Amaioua guianensis</i>	470	17	8.96	5.37	2.74	17.08	11	3.4	24.2	3.8
<i>Siparuna guianensis</i>	363	17	6.92	2.62	2.74	12.28	11.5	3.6	15.3	3.1
<i>Ocotea pulchella</i>	227	16	4.33	4.21	2.58	11.12	12	3.5	30.6	4.6
<i>Pera glabrata</i>	131	17	2.5	5.08	2.74	10.32	13	5.5	34.7	6.7
<i>Blepharocalix salicifolius</i>	118	17	2.25	5.19	2.74	10.18	12	4.3	32.5	6.8
<i>Anadenanthera falcata</i>	63	16	1.2	4.84	2.58	8.62	13	4.3	34.1	10.7
<i>Rapanea umbellata</i>	241	17	4.6	1.19	2.74	8.53	6.5	3	8.9	2.7
<i>Psychotria sessilis</i>	249	17	4.75	0.52	2.74	8.02	5	2.2	14.3	1.6
<i>Miconia sellowiana</i>	38	15	0.72	4.18	2.42	7.32	12	6.5	34.4	12.5
<i>Qualea grandiflora</i>	19	9	0.36	4.72	1.45	6.54	10.5	5.6	55.1	19.3
<i>Myrcia lingua</i>	87	17	1.66	1.72	2.74	6.12	8	2.8	27.4	4.6
<i>Vochysia tucanorum</i>	67	16	1.28	2.26	2.58	6.12	11	3.7	19.7	6.2

Tabela 6 – Continuação.

	N.I.	N.A.	De.R.	Do.R.	Fr.R.	VI	Al.Ma.	Alt.Me	Di.Ma	Di.Me
<i>Siphoneugena guilfoyleiana</i>	78	6	1.49	3.63	0.97	6.08	12	4.6	40.5	6.4
<i>Ouratea spectabilis</i>	41	14	0.78	2.73	2.26	5.77	12	3.9	24.8	10.7
<i>Couepia grandiflora</i>	29	9	0.55	3.76	1.45	5.77	7	3.8	42	13.7
<i>Campomanesia guaviroba</i>	125	16	2.38	0.76	2.58	5.72	6	1.9	25.5	2.5
<i>Miconia chartacea</i>	113	14	2.16	1.21	2.26	5.62	12	3.8	21	3.4
<i>Eugenia puniceifolia</i>	109	17	2.08	0.4	2.74	5.22	7	3.1	11.5	2.3
<i>Miconia rubiginosa</i>	77	14	1.47	1.31	2.26	5.04	9	3.6	11.8	4.8
<i>Myrcia formoseana</i>	80	11	1.53	1.62	1.77	4.92	12.5	3.8	16.2	5.1
<i>Dalbergia miscolobium</i>	18	8	0.34	2.8	1.29	4.44	12	7.5	25.8	16.4
<i>Styrax camporum</i>	65	14	1.24	0.69	2.26	4.19	6	3.2	19.7	3.5
<i>Didymopanax vinosum</i>	64	17	1.22	0.08	2.74	4.05	4	2.2	3.5	1.5
<i>Virola sebifera</i>	48	17	0.92	0.31	2.74	3.97	10	2.8	14	2.7
<i>Xylopia aromatica</i>	62	11	1.18	0.98	1.77	3.94	12	4.3	13.7	4.5
<i>Ocotea acutifolia</i>	50	10	0.95	1.36	1.61	3.93	14	4.8	23.5	5.3
<i>Ilex cerasifolia</i>	41	13	0.78	0.47	2.1	3.35	10.5	4.3	12.4	4
<i>Miconia albicans</i>	44	13	0.84	0.26	2.1	3.19	5	2.4	7	3.2
<i>Roupala montana</i>	21	13	0.4	0.59	2.1	3.09	10.5	3.5	12.4	7
<i>Byrsonima intermedia</i>	32	13	0.61	0.32	2.1	3.03	6	2.9	14.6	3.4
<i>Machaerium acutifolium</i>	17	10	0.32	0.55	1.61	2.49	12	3.6	23.2	6.5
<i>Bauhinia rufa</i>	16	11	0.31	0.04	1.77	2.12	4.5	2.4	3.8	2
<i>Qualea dichotoma</i>	16	8	0.31	0.41	1.29	2.01	11	4.1	10.5	6.4
<i>Baccharis dracunculifolia</i>	44	4	0.84	0.19	0.65	1.67	11	3.5	9.9	2.2
<i>Eugenia hyemalis</i>	10	8	0.19	0.02	1.29	1.5	3	2	3.2	1.6
<i>Miconia stenostachya</i>	8	7	0.15	0.06	1.13	1.34	8	2.4	9.2	2.5
<i>Nectandra megapotamica</i>	18	5	0.34	0.18	0.81	1.33	11	3.2	11.5	3.4
<i>Eriotheca gracilipes</i>	8	5	0.15	0.36	0.81	1.32	6.5	4.1	14.6	9.1
<i>Miconia ligustroides</i>	11	6	0.21	0.13	0.97	1.31	5.5	3.1	9.9	3.9
<i>Erythroxylum pelleterianum</i>	8	6	0.15	0	0.97	1.13	2	1.8	1.6	1.1
<i>Pouteria ramiflora</i>	3	3	0.06	0.46	0.48	1	10	5.2	28.3	14.6
<i>Erythroxylum cuneifolium</i>	7	5	0.13	0.02	0.81	0.96	3.5	2.3	5.6	1.9
<i>Bredemeyera floribunda</i>	6	5	0.11	0	0.81	0.92	3	1.8	1.9	0.9
<i>Pouteria torta</i>	7	3	0.13	0.24	0.48	0.85	4	2.5	16.9	7.2
<i>Erythroxylum suberosum</i>	4	4	0.08	0.07	0.65	0.79	4.5	2.4	9.6	5.2
<i>Guapira noxia</i>	3	3	0.06	0.24	0.48	0.78	4	2.5	16.5	12.2
<i>Styrax ferrugineus</i>	6	4	0.11	0.01	0.65	0.77	2.5	2	3.2	1.9
<i>Eupatorium vanthierianum</i>	6	4	0.11	0.01	0.65	0.76	2.5	2.2	2.2	1.2
<i>Eupatorium gamophyllum</i>	4	4	0.08	0.03	0.65	0.75	4	2.6	7.6	2.5
<i>Syagrus flexuosa</i>	2	2	0.04	0.22	0.32	0.58	4.5	3.5	20.7	12.6
<i>Vitex polygama</i>	1	1	0.02	0.39	0.16	0.57	11	11	28	28
<i>Dimorphandra mollis</i>	3	2	0.06	0.11	0.32	0.49	3	2.8	12.4	8.2
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	2	2	0.04	0.09	0.32	0.45	5	5	9.6	9.6
<i>Aspidosperma tomentosum</i>	3	2	0.06	0.02	0.32	0.4	2	1.8	4.8	4
<i>Jacaranda caroba</i>	3	2	0.06	0.02	0.32	0.4	3	2.3	5.1	2.8
<i>Lacistema floribundum</i>	3	2	0.06	0	0.32	0.38	3	2.2	2.2	1.8
<i>Tabebuia ochracea</i>	2	2	0.04	0.02	0.32	0.38	4	3.5	5.4	4.3
<i>Stryphnodendron polyphyllum</i>	2	2	0.04	0	0.32	0.37	1.5	1.5	2.7	2.2
<i>Annona cacans</i>	2	2	0.04	0	0.32	0.36	2.5	2	1.6	1.4

Tabela 6 – Continuação.

	N.I.	N.A.	De.R.	Do.R.	Fr.R.	VI	Al.Ma.	Alt.Me	Di.Ma	Di.Me
<i>Myrcia tomentosa</i>	3	1	0.06	0.05	0.16	0.27	5	3.3	8.9	5.1
<i>Piptocarpha axillaris</i>	1	1	0.02	0.08	0.16	0.26	10.5	10.5	12.4	12.4
<i>Qualea multiflora</i>	2	1	0.04	0.04	0.16	0.24	4.5	4.3	7.3	6.7
<i>Protium heptaphyllum</i>	1	1	0.02	0.05	0.16	0.23	5	5	10.2	10.2
<i>Myrcia bella</i>	2	1	0.04	0.01	0.16	0.21	2	2	4.1	3.8
<i>Strychnos brasiliensis</i>	1	1	0.02	0.02	0.16	0.2	2.5	2.5	6.4	6.4
<i>Austroplenckia populnea</i>	1	1	0.02	0.02	0.16	0.2	3.5	3.5	5.7	5.7
<i>Piptocarpha rotundifolia</i>	1	1	0.02	0.01	0.16	0.19	2	2	4.8	4.8
<i>Acosmium subelegans</i>	1	1	0.02	0.01	0.16	0.19	2	2	4.8	4.8
<i>Esenbeckia grandiflora</i>	1	1	0.02	0.01	0.16	0.19	3	3	4.1	4.1
<i>Savia dictiocarpa</i>	1	1	0.02	0.01	0.16	0.19	4	4	4.1	4.1
<i>Neea theifera</i>	1	1	0.02	0	0.16	0.19	2.5	2.5	3.2	3.2
<i>Alibertia macrophylla</i>	1	1	0.02	0	0.16	0.19	3	3	3.2	3.2
<i>Annona crassiflora</i>	1	1	0.02	0	0.16	0.18	1.5	1.5	2.9	2.9
<i>Myrciaria ciliolata</i>	1	1	0.02	0	0.16	0.18	2	2	2.5	2.5
<i>Stryphnodendron obovatum</i>	1	1	0.02	0	0.16	0.18	3	3	2.5	2.5
<i>Calyptantes clusiaefolia</i>	1	1	0.02	0	0.16	0.18	2.5	2.5	2.2	2.2
<i>Xylopia brasiliensis</i>	1	1	0.02	0	0.16	0.18	2.5	2.5	2.2	2.2
<i>Ficus arpazusa</i>	1	1	0.02	0	0.16	0.18	1.5	1.5	2.2	2.2
<i>Sebastiania sp</i>	1	1	0.02	0	0.16	0.18	2	2	1.9	1.9
<i>Casearia sylvestris</i>	1	1	0.02	0	0.16	0.18	2.5	2.5	1.9	1.9
<i>Lafoensia pacari</i>	1	1	0.02	0	0.16	0.18	3	3	1.8	1.8
<i>Maytenus alaternoides</i>	1	1	0.02	0	0.16	0.18	2.5	2.5	1.6	1.6
<i>Tibouchina stenostachya</i>	1	1	0.02	0	0.16	0.18	1.5	1.5	0.3	0.3

Considerando as 43 parcelas analisadas, 19 espécies ocorreram apenas em uma delas. Muitas espécies ocorreram com baixo número de indivíduos. Assim, 45 espécies foram representadas por até 5 indivíduos, e.g., *Aspidosperma tomentosum*, *Casearia sylvestris*, *Guapira noxia* e *Stryphnodendron polyphyllum*. *D. fasciculata* apresentou numerosos indivíduos na maioria das parcelas, alguns dos quais com grande porte. Essa característica justifica o seu alto valor para o VI. Poucas espécies foram numerosas em um número restrito de parcelas, e.g., *Baccharis dracunculifolia*, que ocorreram em apenas quatro, teve o maior número de indivíduos na parcela 37. O número de espécies parece ter sido maior na maioria das parcelas que abrigavam cerrado *s.s.*

Os resultados dos descritores fitossociológicos relacionados às parcelas, descritores esses também utilizados na matriz principal na análise de ordenação, estão relacionados na tabela 7.

Tabela 7 – Descritores fitossociológicos referentes às parcelas instaladas ao longo de um transecto no cerrado de Corumbataí. **No.Ind.** – Número de indivíduos na parcela. **No.Sp** – Número de espécies na parcela. **Ar.Bs** – Área basal. **Do.Me** – Dominância média. **Al.Ma** – Altura máxima. **Al.Me** – Altura média. **Di.Mi** – Diâmetro mínimo. **Di.Ma** – Diâmetro máximo. **Di.Me** – Diâmetro médio. **Vol** – Volume total. **Vo.Me** – Volume médio. **Vo.Re** – Volume relativo. **Do.Ab** – Dominância absoluta.

	No.Ind.	No.Sp	Ar.Bs	Do.Me	Al.Ma	Al.Me	Di.Mi	Di.Ma	Di.Me	Vol	Vo.Me	Vo.Re	Do.Ab
P1	237	33	7523	32	15	45	3	229	46	57836	244	230	376128
P2	269	31	7961	30	12	41	8	395	45	51361	191	204	398036
P3	318	32	655	21	12	43	3	210	38	47455	149	189	327482
P4	295	33	8479	29	13	41	6	379	38	70710	240	281	423945
P5	253	31	7378	29	13	46	6	283	43	56969	225	227	368897
P6	251	30	6753	27	11	42	3	232	43	41905	167	167	337629
P7	359	31	8814	25	10	40	6	388	40	58084	162	231	440676
P8	371	31	7749	21	12	41	6	344	36	48019	129	191	387471
P9	304	30	8135	27	10	40	6	306	39	50144	165	200	406774
P10	332	39	5776	17	10	36	5	242	35	34439	104	137	288814
P11	293	30	10729	37	11	37	6	802	39	87382	298	348	536461
P12	321	33	6407	20	11	38	6	267	35	38887	121	155	320356
P13	238	29	5545	23	12	43	6	261	38	44269	186	176	277239
P14	259	32	8005	31	13	36	6	318	39	71151	275	283	400242
P15	287	32	8426	29	14	44	6	293	40	70166	244	279	421304
P16	373	31	927	25	13	38	6	318	36	81503	219	324	463502
P17	261	28	6718	26	12	35	6	258	39	43116	165	172	335891
P18	282	29	307	37	13	39	6	341	43	88052	312	350	515352
P19	224	21	7172	32	14	42	9	337	43	64089	286	255	358613
P20	259	30	8348	32	13	33	6	379	38	58045	224	231	417405
P21	225	26	9448	42	13	40	6	621	45	91621	407	365	472416
P22	283	31	9125	32	13	38	6	261	42	77459	274	308	456245
P23	252	22	5351	21	12	36	6	272	36	39489	157	157	267549
P24	313	34	7953	25	11	36	6	252	41	43370	139	173	397658
P25	280	39	7500	27	11	34	6	379	40	38668	138	154	375024
P26	238	39	6015	25	9	32	3	287	41	30614	129	122	300756
P27	224	38	9754	44	12	35	6	337	53	56908	254	226	487689
P28	258	39	6777	26	11	31	6	325	41	41619	161	166	338847
P29	282	37	5886	21	12	31	3	252	37	31322	111	125	294315
P30	258	35	6855	27	12	32	6	191	44	37337	145	149	342764
P31	245	33	10839	44	13	37	6	551	47	72605	296	289	541941
P32	327	35	9762	30	12	33	3	280	44	4698	144	187	488125
P33	294	34	10718	36	12	32	3	347	43	66581	226	265	535879
P34	235	28	11281	48	13	42	5	506	50	84269	359	335	564063
P35	380	41	9767	26	14	35	3	490	35	65676	173	261	488360
P36	289	40	7643	26	14	40	3	325	39	53289	184	212	382167
P37	355	40	8781	25	12	35	3	420	37	48009	135	191	439062
P38	377	35	8587	23	12	38	3	287	36	64324	171	256	429356
P39	363	36	11154	31	12	35	3	363	41	7053	194	281	557700
P40	364	32	8939	25	11	32	3	315	38	52344	144	208	446973
P41	285	39	9147	32	12	32	3	430	41	45032	158	179	457333
P42	397	40	9214	23	12	33	3	405	37	53663	135	214	460695
P43	310	38	13789	44	15	36	3	920	43	137454	443	547	689427

3.3.4. Análises estatísticas

As médias dos descritores fitossociológicos das diferentes parcelas, agrupadas segundo a fisionomia dominante, submetidas ao teste-t (*Student*), que apresentaram diferenças significativas foram: número de espécies, área basal, altura média, diâmetro mínimo e dominância absoluta (Tabela 8). Os demais descritores não mostraram diferenças significativas ($> 0,05$).

Tabela 8 – Médias dos descritores: número de espécies (n.spp.), área basal (ar.bas.), altura média (alt.med.), diâmetro mínimo (dia.min.) e dominância absoluta (dom.abs.) das duas fisionomias, obtidas para as parcelas agrupadas segundo as fisionomias analisadas. As médias abaixo apresentaram diferenças significativas no teste-t ($\alpha = 0,05$).

	n.spp.	ar.bas.	alt.med.	dia.min.	dom.abs.
cerrado s.s.	36,5	0,93	3,46	0,38	46,73
cerradão	31,03	0,77	3,91	0,57	38,74

A análise de correspondência canônica (CCA), realizada para inferência de fatores abióticos na definição da distribuição das espécies mais numerosas, componentes da comunidade savânica estudada, obteve uma variância total de 73,5%, sendo que os dois primeiros eixos explicaram, respectivamente, 13,8% e 7,4% dessa variância total, um total acumulado de 21,2%. A contribuição dos componentes florísticos para a pontuação dos autovalores, ou *eigenvalues*, no eixo 1, foi 0,101 e, no eixo 2, igual a 0,054. Esses valores baixos indicaram a ocorrência de gradientes curtos, definidos pela distribuição, por toda a área amostrada, dos indivíduos da maioria das espécies incluídas nessa análise. Contudo, como pode ser visto na tabela 9, algumas correlações entre a distribuição das espécies e fatores abióticos analisados, relacionados aos dois primeiros eixos, foram altos, e.g. 0.84 (eixo 1) e -0.97 (eixo 2). Não obstante, o teste de randomização de Monte Carlo indicou significância nas correlações, para os eixos 1 e 2, entre a distribuição das espécies mais abundantes na composição florística das duas fisionomias e as variáveis ambientais analisadas ($p = 0,01$ para ambos os eixos). Nessa análise as variáveis ambientais mais fortemente correlacionadas ao primeiro eixo, em ordem decrescente, foram H+Al e M.O.,

enquanto que no eixo 2 as correlações mais elevadas foram relacionadas à areia fina, argila, M.O e areia grossa (Tabela 9).

Na análise estrutural das duas fisionomias, cerrado *s.s.* e cerradão, encontradas no cerrado de Corumbataí, a CCA forneceu um valor para a variância total igual a 1,1%. Com essa variância total, muito menor que a encontrada na correlação entre fatores ambientais e distribuição das espécies, uma grande variância remanescente permaneceu não explicada. O eixo 1 esteve relacionado a 26,9% da variância total, enquanto o eixo 2 explicou apenas 1,1% dessa variância (total acumulado: 28%). Esses dois eixos tiveram, respectivamente, 0.003 e 0.000 para os autovalores, indicando a existência de gradientes extremamente curtos. Embora alguns dos valores para correlações internas entre as variáveis ambientais e os dois primeiros eixos tenham sido altos, e.g. 0,67 (eixo 1) e 0,87 (eixo 2), relacionados na tabela 9, o teste de Monte Carlo indicou significância apenas para o primeiro eixo ($p = 0,02$). As correlações mais elevadas entre os dois eixos foram apresentadas pelas areias fina e grossa com o eixo 1, respectivamente 0,67 e -0,73, e argila e H+Al com o eixo 2, respectivamente -0.87 e -0.5 (Tabela 9).

As correlações entre as variáveis ambientais, obtidas através de uma PCA, mostraram que a M.O. apresentou correlações com as demais variáveis ambientais, exceto areia fina. Os fatores abióticos mais fortemente correlacionados entre si foram areia fina e areia grossa (-0,97), M.O. e argila (0,67) e areia grossa e argila (-0,75) (Tabela 9).

Tabela 9 – Relação dos fatores ambientais utilizados pela CCA e de suas correlações internas com os eixos de ordenação 1 e 2; e valores obtidos pela matriz de correlação entre os fatores ambientais. M.O. – matéria orgânica; H+Al – acidez potencial; corr. – correlações; comp. – composição; estrut. – estrutura; ar. fin. – areia fina e ar. gr. – areia grossa. Correlações com valores $\geq 0,5$ em negrito.

	corr. comp.		corr. estrut.		Variáveis ambientais			
	eixo 1	eixo 2	eixo 1	eixo 2	M.O.	H+Al	argila	ar. gr.
M.O.	0.61	0.51	0.45	-0.37	-	-	-	-
H+Al	0.84	0.14	0.36	-0.5	0.52	-	-	-
argila	0.33	0.85	0.34	-0.87	0.67	0.40	-	-
ar. gr.	0.04	-0.97	-0.73	0.38	-0.53	-0.24	-0.75	-
ar. fin.	-0.26	0.93	0.67	-0.30	0.42	-0,11	0.66	-0.97

A representação gráfica da ordenação das diferentes parcelas, representadas pelas espécies mais abundantes, mostrou a separação de três grupos mais numerosos de parcelas (Figura 2). O grupo de parcelas A, um pequeno conjunto de parcelas, foi

influenciado pela M.O. e H+Al (Figura 2), e, relacionado ao eixo 2, por influência da variação da textura edáfica (Tabela 9), três grupos de parcelas foram separados. Os grupos B e C foram separados, possivelmente, pela areia grossa, enquanto que o grupo D pelos maiores teores de areia fina e argila (Figura 2). Houve ainda a separação dos grupos de parcelas B e C, possivelmente, devida a variações da textura e fertilidade edáfica, permanecendo, o grupo C, sob influência de solos com teores mais baixos de M.O. e H+Al. Localizadas entre os eixos 1 e 2, algumas das parcelas do grupo B, e.g., P21, P22, P23, P24, poderiam estar sob influência de concentrações mais elevadas para acidez potencial, além de estarem ocupando solos arenosos.

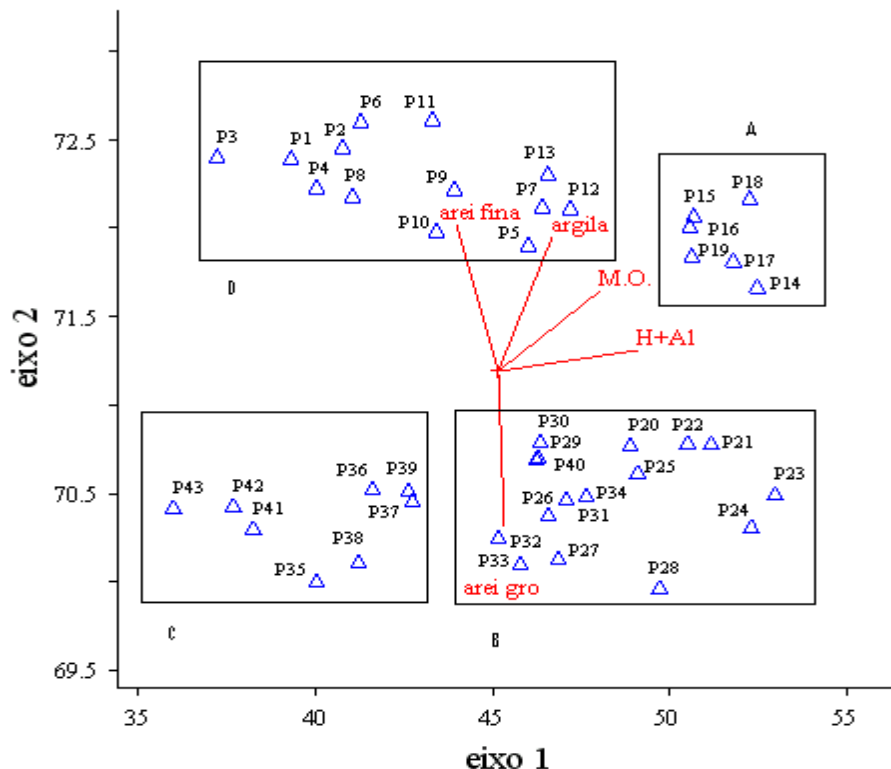


Figura 2 – Diagrama de ordenação das espécies com pelo menos dez indivíduos nas 43 parcelas e variáveis ambientais (areia fina – *areia fina*; areia grossa – *areia grossa*; M.O. – *matéria orgânica*; H+Al – *acidez potencial*) nos dois primeiros eixos de ordenação na análise de correspondência canônica (CCA). As letras representam os grupos de parcela A, B, C e D.

A figura 3 mostra a ordenação, da maior parte das espécies, próxima à intersecção dos dois eixos, e os vetores das variáveis ambientais mais curtos, ao contrário

do observado na figura 2. Essas duas características resultaram da ampla distribuição da maioria das espécies no campo amostral. Poucas espécies distanciaram-se de uma posição intermediária quanto aos eixos. Algumas exceções devem ser mencionadas, e.g., *Calyptanthes clusiaefolia*, *Lacistema floribundum* e *Palicourea macgravii*, no grupo A (Figura 3), em solos menos porosos e com maior quantidade de M.O. e valores intermediários de H+Al; *Croton floribundus* e *Miconia chartacea*, no grupo B (Figura 3), em solos um pouco mais arenosos e com teores mais elevados de H+Al; e em solos mais arenosos e menos ricos em M.O., e.g., *Couepia grandiflora*, *Ocotea acutifolia* e *Xylopia aromática*, no grupo C (Figura 3). A presente ordenação utilizou as mesmas matrizes empregadas na CCA das diferentes parcelas, descrita no parágrafo anterior.

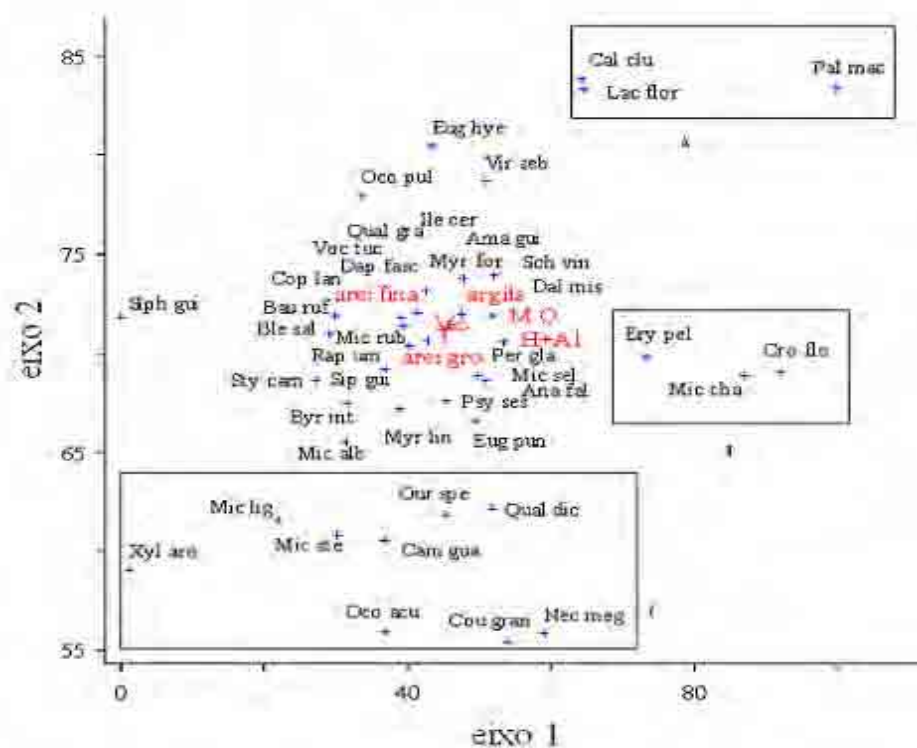


Figura 3 – Diagrama de ordenação das espécies com pelo menos dez indivíduos encontradas no campo amostral (43 parcelas) e variáveis ambientais (arei fina – areia fina; arei gro – areia grossa; M.O. – matéria orgânica; H+Al – acidez potencial) nos dois primeiros eixos de ordenação na análise de correspondência canônica (CCA). As letras representam os grupos de parcela A, B e C.

Na representação gráfica da ordenação das parcelas em relação às suas características estruturais (Figura 4), pode ser observada a separação de três grupos de parcelas. O grupo A, representado pelas sob influência de maiores teores de areia fina,

M.O. e H+Al (Figura 4). O grupo B, nesse mesmo gradiente textural, também foi definido pela textura fina, especificamente por altas porcentagens de argila, e elevadas concentrações de M.O. e H+Al. Em direção oposta, no gradiente definido pela textura edáfica, relacionado ao eixo 1 (Tabela 9), elevados teores de areia grossa separou o grupo de parcelas C (Figura 4). As demais parcelas ocuparam posições intermediárias quanto aos fatores edáficos analisados, e.g. P10, P23, P29, P37 e P40.

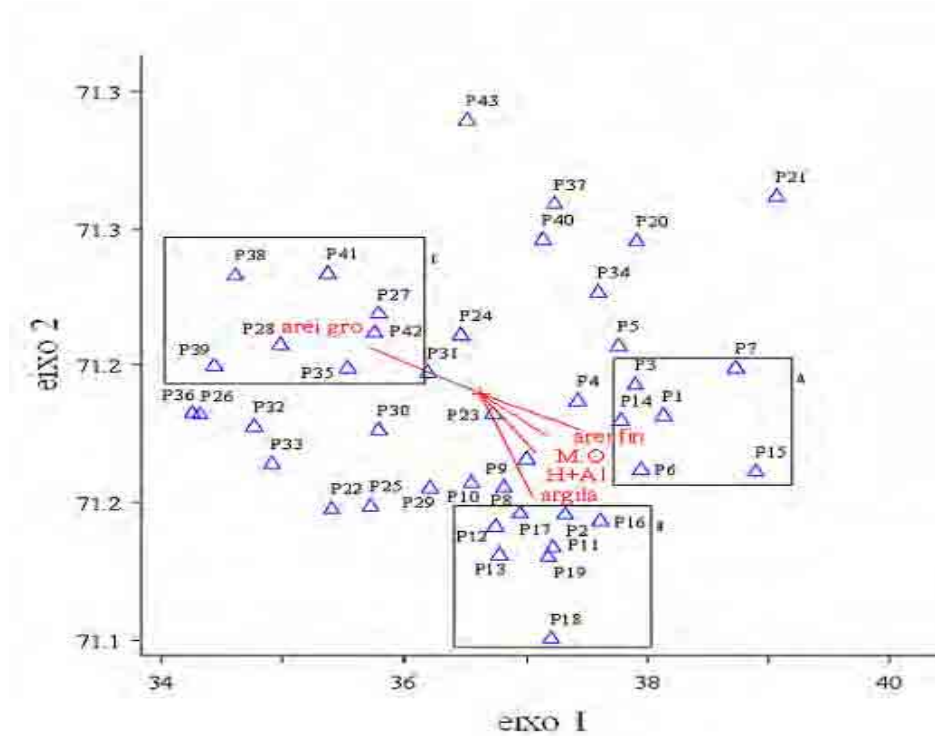


Figura 4 – Diagrama de ordenação das 43 parcelas, definido segundo seus respectivos descritores fitossociológicos (13 descritores) e variáveis ambientais (areia fina – *areia fina*; areia grossa – *areia grossa*; M.O. – *matéria orgânica*; H+Al – *acidez potencial*) nos dois primeiros eixos de ordenação na análise de correspondência canônica (CCA). As letras representam os grupos de parcela A, B e C.

3.4. DISCUSSÃO

A prolongada ausência de incêndios no fragmento de cerrado em Corumbataí, condição iniciada em meados dos anos sessenta do século passado, e que perdura até o presente momento, está, possivelmente, propiciando que a composição florística e estrutura fitossociológica atuais sofram influência de espécies arbustivo-arbóreas sensíveis à ação do

fogo (Coutinho, 1990; Hopkins, 1992; Ratter, 1992; Hoffmann, 2000; Moreira, 2000; Henriques & Hay, 2002; Durigan & Ratter, 2005). Assim, foram encontradas na área de estudo espécies não observadas em estudos e levantamentos anteriores, realizados no mesmo local (Cesar et al., 1988; Pagano et al., 1989a; Saraiva et al., 1996), e que podem ser definidas como florestais ou sensíveis ao fogo, e.g., *Calyptrocalyx clusiaefolia*, *Nectandra megapotamica* e *Palicourea macgravii*.

O *habitat* de algumas das espécies encontradas no cerrado de Corumbataí pôde ser definido como florestal, por estas não constarem de listagens florísticas do bioma cerrado, ou por ocorrem associadas a matas ciliares no bioma cerrado, com especial referência a *Amaioua guianensis*, *Calyptrocalyx clusiaefolia*, *Croton floribundus*, *Miconia chartacea* e *Trichilia hirta*. Outras, por sua vez, podem ser encontradas em cerradões, como algumas das espécies citadas acima (Rizzini, 1971; Heringer et al., 1977; Leitão Filho, 1992; Mendonça et al. 1998, Castro et al., 1999; Ratter et al., 2000; Ratter et al., 2003; Durigan et al., 2004). Algumas, por sua vez, embora tenham sido citadas por diferentes autores como ocupantes dos cerrados, podem também ser encontradas em florestas ciliares (Rodrigues & Nave, 2000) e matas galeria em regiões de cerrado (Mendonça et al., 1998), e.g. *Daphnopsis fasciculata*, *Ilex cerasifolia*, *Pera glabrata*, *Psychotria sessilis* e *Virola sebifera*, sendo essa, talvez, uma indicação de baixa resistência a incêndios freqüentes, além de corroborar com a caracterização ecológica dessas espécies, como comuns a ambientes com maior disponibilidade hídrica. Assim, a ausência de fogo, na área estudada, pode ter representado uma das condições necessárias para o sucesso local de algumas dessas espécies. Além disso, espécies savânicas tolerantes ao fogo e heliófilas (Coutinho, 1978), algumas citadas por Durigan et al. (1994) como abundantes em uma área sujeita a incêndios anuais, ocorreram no cerrado de Corumbataí com populações pouco numerosas, tais como *Eriotheca gracilipes*, *Pouteria ramiflora* e *Qualea multiflora*. Assim como, *Guapira noxia*, *Miconia albicans* e *Roupala montana*, espécies que, embora sejam afetadas por incêndios freqüentes, apresentaram maior capacidade em persistir em ambientes sujeitos ao fogo, quando comparadas a espécies florestais (Hoffmann, 2000), podendo ter sucesso na colonização desses ambientes através da reprodução assexuada (Hoffmann, 1998). A ausência do fogo estaria limitando a ocupação de populações vegetais tolerantes ao fogo e heliófilas, muito comuns em vegetações abertas, com maior incidência de luz,

como ocorre no cerrado *s.s.* É possível que essas espécies savânicas estejam encontrando desvantagens competitivas com o adensamento da vegetação, maior cobertura das copas das arbóreas, e menor disponibilidade luminosa (Hoffmann, 1996; Hoffmann & Franco, 2003; Hoffmann & Solbrig 2003), condição que poderia estar limitando o desenvolvimento dessas espécies (Ronquim et al., 2003). Essa limitação seria devida também, possivelmente, a conseqüentes alterações em processos ecológicos locais, e.g., ciclagem de nutrientes e fluxo de energia (Saunders et al., 1991; D'Antonio & Dudley, 1995), culminando na diminuição do número de indivíduos de populações savânicas, tornando-as passíveis de extinção local (Levin, 1992; Pimm, 1993).

Uma informação, que pode corroborar a hipótese do declínio de espécies savânicas com o adensamento da vegetação, apresentada acima, refere-se ao VI de algumas das espécies savânicas mencionadas. Algumas dessas espécies mostraram maior valor para o VI na fisionomia savânica mais aberta que no cerradão. Devem ser salientadas, e.g., *Copaifera langsdorffii*, *E. gracilipes*, *P. ramiflora*, *G. noxia*, *M. albicans* e *R. montana*. Por sua vez, algumas das espécies que tiveram seu hábitat definido como florestal, mencionadas anteriormente, como *A. guianensis*, *D. fasciculata*, *M. chartacea* e *P. glabrata*, apresentaram no cerradão valores maiores para o mesmo descritor. Não obstante, essas espécies ocuparam posições de destaque para o VI em ambas as fisionomias (Tabelas 5 e 6).

A maioria das espécies sensíveis ao fogo, que compõem formações florestais, estaria, possivelmente, atingindo o fragmento savânico através da avifauna (Dr. E.O. Willis, Departamento de Zoologia, IB/UNESP de Rio Claro, comunicação pessoal), ocorrendo aumento das taxas de imigração de espécies vegetais (Henriques & Hay, 2002) provenientes de remanescentes florestais localizados não muito distantes (Pagano et al., 1989a), um fenômeno possivelmente similar ao encontrado por Ribeiro & Tabarelli (2002). Desta forma, essas populações poderiam estar sendo renovadas pela introdução de novos propágulos. Essa condição poderia ser propícia para espécies disseminadas amplamente pela avifauna, e.g., *Amaioua guianensis* e *Copaifera langsdorffii*, assim como, para aquelas encontradas em formações florestais de altitude, em topos e encostas de morros, como *Maytenus robusta*, *Pera glabrata*, *Trichilia hirta* e *Xylopia brasiliensis* (Lorenzi, 1992; Lorenzi, 2002).

Alguns autores mencionaram aumento da riqueza florística em formações savânicas, após a supressão do fogo, devido à ocupação posterior por espécies sensíveis ao fogo, ou descreveram a tendência do cerrado apresentar uma progressiva redução da riqueza florística e a simplificação da estrutura vegetacional, com o aumento da frequência de incêndios (Durigan et al., 1994; Braithwaite, 1996; Henriques & Hay, 2002). Na área estudada, todavia, a riqueza florística, com a ausência do fogo, parece ter declinado desde o último estudo realizado. Nesse estudo, Cesar et al. (1988) encontraram, em uma área amostral de 3.750 m², a partir da inclusão de vegetais arbustivo-arbóreos com diâmetros basais com pelo menos 3 cm, 101 espécies. O presente trabalho, mesmo com o aumento da área amostrada, 8.600 m², e diminuição do diâmetro mínimo para 0,32 cm, o número de espécies foi igual a 103. Corroboram a afirmação do declínio da riqueza florística na área de cerrado de Corumbataí, a diferença entre os índices de diversidade de Shannon-Wiener do levantamento anterior (3,64) para o atual (3,06). Corroboram também os índices de diversidade encontrados para o cerradão e cerrado s.s., a partir das análises fitossociológicas das duas fisionomias. O H' do cerradão foi igual a 2,92, enquanto que o do cerrado s.s. foi 3,15, valores que podem ser consequência do adensamento da vegetação savânica encontrado no fragmento estudado, como foi mencionado anteriormente. Deve ser salientado ainda que, a despeito das diferenças dos critérios de inclusão adotados nos estudos considerados, o valor para o H' em Corumbataí foi o segundo menor encontrado, para comunidades savânicas no Estado de São Paulo (Castro, 1987; Toledo Filho et al., 1989; Giannotti & Leitão Filho, 1992; Durigan et al., 1994; Araújo et al., 1999; Batalha et al., 2001; Fidelis & Godoy, 2003; Gomes et al., 2004b), ficando acima apenas do índice de Shannon-Wiener encontrado no cerrado de Patrocínio Paulista, estudado por Teixeira et al. (2004), igual a 3,05. Durigan et al. (2001) encontraram valor menor, para o H', ao da comunidade savânica de Corumbataí, mas apenas para o estrato superior em um cerrado *stricto sensu* em Brotas. E, embora a riqueza florística do cerrado de Corumbataí tenha apresentado um número maior de espécies, quando comparado à de alguns cerrados paulistas (Ferracini et al., 1983; Bicudo et al., 1996; Paschoal & Montanholi, 1997), este fato decorreu, possivelmente, do maior esforço amostral despendido pelo presente estudo. O valor para o índice de diversidade de Shannon-Wiener, encontrado no cerrado de Corumbataí, também foi menor aos encontrados em formações savânicas em outras partes

do país (Oliveira Filho & Martins, 1991; Felfili et al., 1993; Costa & Araújo, 2001; Andrade et al., 2002; Felfili et al., 2002; Appolinario & Schiavini, 2002; Felfili et al., 2005; Resende et al., 2004), exceção ao de um cerrado *stricto sensu* no Sul do país, por Uhlmann et al. (1998), que foi igual a 2,78. Todavia, o critério de inclusão adotado por esses autores, perímetro basal mínimo igual a 15 cm, pode ter influenciado sobremaneira no valor do H'.

É possível que o declínio da riqueza florística no cerrado de Corumbataí, ao contrário das observações de Henriques & Hay (2002), tenha decorrido de seu isolamento prolongado da matriz vegetacional savânica, e pela maior facilidade, encontrada por algumas espécies, na renovação de suas populações, através de propágulos trazidos pela avifauna, como mencionamos anteriormente. Além disso, microambientes, originados por influência do fogo deixaram, possivelmente, de ocorrer no cerrado de Corumbataí. É possível ainda que as diferenças encontradas entre o presente estudo e o dos dois autores acima tenham sido devidas também ao período de tempo menor de supressão aos incêndios naquela área, 16 anos, confrontados aos 43 anos registrados em Corumbataí.

Uma interessante característica do cerrado estudado está relacionada ao alto VI para algumas espécies, como de *A. guianensis* e *D. fasciculata*, ausentes na maioria dos estudos acima, assim como nos estudos de Silberbauer-Gottsberger et al. (1977); Gottsberger & Morawetz (1986); Silberbauer-Gottsberger & Eiten (1987) e Brando & Durigan (2004), ou encontradas com baixo valor para esse descritor em estudos fitossociológicos em formações savânicas no Estado de São Paulo. *D. fasciculata* esteve presente nos trabalhos de Toledo Filho et al. (1989) e Gomes et al. (2004b), mas com um baixo valor para o VI em ambos. Uma hipótese inferida para a ocorrência dessa espécie nessas duas áreas de cerrado baseia-se na proximidade de formações florestais, que poderia ter contribuído para a sua ocorrência (Mueller-Dombois, 1995). Além da proximidade florestal, o cerrado estudado por Toledo Filho et al. (1989) não sofria com incêndios desde 1930. Oliveira Filho e Fluminhan Filho (1999), por sua vez, encontraram *D. fasciculata* no município de Lavras, em duas formações florestais. Uma delas denominada candeal, uma fisionomia florestal composta por árvores mais baixas, encontrada na transição entre a floresta de fundo de vale, e o cerrado. A menor incidência do fogo, nessa vegetação, segundo os autores, teria facilitado a colonização por espécies florestais, permitindo a expansão da floresta densa. Um fenômeno que guarda alguma semelhança ao encontrado

no cerrado de Corumbataí. Contudo, a não ocorrência dessas espécies em trabalhos desenvolvidos em outros Estados, deve ser atribuída às características florísticas distintas das encontradas em território paulista (Silberbauer-Gottsberger & Gottsberger, 1984).

A espécie mais importante para o VI, no estudo de Cesar et al. (1988), também desenvolvido no cerrado de Corumbataí, foi *Myrcia lingua*, ficando *D. fasciculata* em segundo lugar. Ambas as espécies apresentaram, nesse estudo, altos valores para os três descritores relativos, especialmente densidade e dominância, além de possuírem populações igualmente numerosas. Os valores de frequência relativa, para ambas as espécies estiveram muito próximos, indicando uma distribuição uniforme no campo amostral. Atualmente *D. fasciculata* passou a ocupar o primeiro lugar quanto ao VI para a comunidade savânica como um todo, ainda distribuindo-se, também, por todo o campo amostral, enquanto *M. lingua* passou a ocupar a 19^a posição (Tabela 4), ocorrendo em quase toda a área amostrada. De maneira geral, as alterações notadas entre as dez espécies mais importantes quanto ao VI, entre o presente estudo e o de Cesar et al. (1988), estiveram relacionadas à diminuição do VI de espécies savânicas que, naquele estudo, apresentaram valores altos. Assim, no presente estudo, além de *M. lingua*, outras espécies que deixaram de estar entre as dez mais importantes quanto o VI foram: *Ouratea spectabilis*, *Qualea grandiflora* e *Vochysia tucanorum*. Essas espécies apresentaram populações pouco numerosas, não ocorrendo em todo o campo amostral. Todavia, a ocorrência de indivíduos jovens, além de alguns adultos, pode ser uma indicação segura da renovação dessas populações.

Não obstante, no levantamento de Pagano et al. (1989b), desenvolvido nos cerrados da APA de Corumbataí e envolvendo também o fragmento aqui estudado, a partir do método de pontos quadrantes, *O. spectabilis* e *Q. grandiflora*, além de *M. lingua*, não apresentaram valores altos para os descritores relativos, assim como para o VI. Uma exceção foi *V. tucanorum*. Todavia, os resultados para os descritores relativos e VI, apresentados por esses autores, estiveram, em sua maioria, acima do encontrado no presente estudo quando foi considerada toda a comunidade savânica.

O possível declínio das espécies savânicas acima, em relação aos descritores relativos e VI, a partir da comparação dos levantamentos de Cesar et al. (1988) e Pagano et al. (1989b), com os resultados do presente estudo, tanto para toda a comunidade savânica (Tabela 4), como para cada uma das fisionomias (Tabelas 5 e 6), obtidos após um período

de maior supressão de incêndios, pode estar relacionado a alterações estruturais da comunidade savânica no cerrado de Corumbataí, tal como o adensamento da vegetação e aumento da cobertura de indivíduos arbóreos, observados em outras formações savânicas, sob as mesmas circunstâncias (Moreira, 2000; Henriques & Hay, 2002), como mencionado anteriormente. Uma importante observação, possivelmente relacionada com essas alterações estruturais, refere-se às diferenças das alturas médias encontradas entre as duas fisionomias, que puderam contar com a provável contribuição de populações importantes para o VI, e.g., *D. fasciculata*, *O. pulchella* e *P. glabrata*, e mesmo dos indivíduos mortos (Tabelas 5 e 6). E, embora a baixa disponibilidade de luz não seja um fator limitante muito freqüente no ambiente savânico, o sombreamento das copas, como pode ocorrer no cerradão, pode restringir o crescimento de plântulas heliófilas nas fases iniciais de desenvolvimento, podendo tornar deficiente a assimilação de CO₂ durante a atividade fotossintética. Por essa razão, espécies savânicas provenientes de fisionomias mais abertas, como o campo cerrado e que investem mais recursos na produção do sistema radicular que na estrutura caulinar (Franco, 2002), terão dificuldades em permanecer em um ambiente com menor luminosidade (Durigan & Ratter, 2005). Parecem corroborar a hipótese acima, os resultados apresentados por Barbosa et al. (1999) sobre *V. tucanorum*, e por Ronquim et al. (2003), a partir de estudos envolvendo *C. langsdorffii* e *E. gracilipes*. Embora *V. tucanorum* seja uma espécie savânica muito comum em cerradões, apresentando distribuição ampla em ambientes com níveis intermediários de radiação luminosa, ocorre preferencialmente em locais onde possa receber luz direta, durante parte do dia (Barbosa et al., 1999). Assim, outras espécies vegetais com as mesmas características, ou com maior necessidade de exposição ao sol, passariam a encontrar limitações fisiológicas para sua subsistência em áreas protegidas do fogo por longos períodos, além de serem submetidas à competição com espécies adaptadas a ambientes com menor incidência de luz solar (Whelan, 1986; Hoffmann, 1999; Hoffmann & Franco, 2003). Além disso, um dos efeitos da ausência do fogo, que pode ser compreendido como fator regulador do equilíbrio entre os estratos herbáceo-subarbusivo e arbustivo-arbóreo (Coutinho, 1990; Archer et al., 1996; Braithwaite, 1996; Jeltsch et al., 2000), o acúmulo de serapilheira (Coutinho, 1990; Coutinho, 2002), muitas vezes, interfere no estabelecimento e desenvolvimento de plântulas (Santos & Válio, 2002).

Os fatores acima, aliados ao longo período de isolamento da matriz vegetacional savânica, podem estar determinando o declínio da riqueza florística da comunidade savânica de Corumbataí. Corroboram essa hipótese, as diferenças entre as médias do número de espécies entre as parcelas que abrigavam cerradão e as parcelas com cerrado *s.s.* (Tabela 8). Como foi visto, o número de espécies foi maior na maioria das parcelas que abrigavam a fisionomia savânica mais aberta, que teve contribuição de espécies como *M. albicans* e *O. spectabilis*, que ocorreram principalmente no cerrado *s.s.* No entanto, Silberbauer-Gottsberger & Gottsberger (1984) encontraram, em um fragmento savânico no município de Botucatu, maior riqueza florística no cerrado *s.s.* quando comparada à de um cerradão próximo.

O elevado número de mortos na área de estudo, 8,8% do número total, cerca de 6% do total de indivíduos encontrados nas parcelas do cerradão, porcentagens superiores aos 5% de mortos encontrados em savanas atingidas pelo fogo na região Centro-oeste brasileiro, valor este considerado alto por Felfili & Silva Júnior (1993), pode ser uma boa indicação das dificuldades encontradas por indivíduos jovens na ocupação do cerrado de Corumbataí. Tal fenômeno pode estar relacionado a menor incidência luminosa um importante fator limitante. Parece corroborar essa hipótese VI apresentado pelos indivíduos mortos no cerrado *s.s.*, igual a 20,81, enquanto o mesmo grupo apresentou 25,13 no cerradão (Tabelas 5 e 6).

As diferenças estruturais entre as duas fisionomias estudadas parecem coerentes às características dessas duas fisionomias savânicas descritas por Eiten (1977) e Castro & Kauffman (1998). O cerradão, como uma fisionomia savânica com características florestais, apresentou médias maiores para as parcelas, quanto à altura média e diâmetro mínimo. E as maiores médias para área basal e dominância absoluta, encontradas nas parcelas do cerrado *s.s.*, podem ter sido influenciadas pela freqüente ocorrência de indivíduos perfilhados (Tabela 8). Características similares puderam ser encontradas nas análises fitossociológicas das duas fisionomias, realizadas em separado. Nessas análises a altura média para o cerradão e cerrado *s.s.* foram iguais a 3,90 m e 3,46 m, respectivamente. As diferenças estruturais mínimas, apresentadas acima, possivelmente decorreram do contínuo avanço do cerradão, na ausência do fogo, nos últimos 43 anos. É possível ainda que, mesmo essas poucas diferenças estruturais, deixem de ser significativas em alguns

anos, persistindo a supressão de incêndios nessa área, e, após alguns anos, o cerradão venha substituir completamente o pouco que ainda resta do cerrado *s.s.* na reserva de cerrado em Corumbataí (ver capítulo 4).

A composição florística das duas fisionomias estudadas, cerrado *s.s.* e cerradão, no cerrado de Corumbataí, parece estar sofrendo influência direta dos fatores edáficos analisados. A pouca variação nas concentrações dos nutrientes K, Ca e Mg, uma característica aparentemente comum a solos savânicos no Brasil (Marques et al., 2004), pode estar relacionada ao predomínio de um único tipo de solo por todo o campo amostral, o latossolo amarelo, embora Haridasan (1992) tenha mencionado que, na transição entre o cerradão e cerrado *s.s.*, a maior quantidade de nutrientes ocorra no cerradão, determinada pela maior transferência de nutrientes pela serapilheira. A variação nos valores da capacidade de troca catiônica (CTC), no cerrado de Corumbataí, estaria relacionada, portanto, à variação do potencial de acidez (H+Al). O trecho de cerradão abrigado pelas parcelas do grupo A estaria relacionado a solos com maiores valores para o H+Al, assim como de M.O. (Figura 2). Os altos valores para H+Al podem estar relacionados à M.O. que, em ambas as CCA, realizadas tanto na análise da influência de fatores abióticos sobre a composição, como na definição da estrutura nas duas fisionomias, tiveram seus respectivos vetores posicionados próximos, em relação aos dois primeiros eixos (Figuras 2, 3 e 4). A decomposição da serapilheira produzida no cerradão pode estar determinando valores mais elevados de acidez potencial devida à liberação de ácidos húmicos nas camadas superficiais do solo (Daubenmire, 1974; Barnes et al., 1997), hipótese essa, coerente com as informações fornecidas por Furley (1992). Esse autor, ao estudar uma transição entre formações savânicas e florestais, na região Centro-oeste do Brasil, encontrou uma forte correlação entre os componentes edáficos pH e a acidez trocável à matéria orgânica depositada no solo. Como foi visto no capítulo 2 desta tese, a produção de serapilheira total foi maior no cerradão, durante o período de dois anos analisados, com exceção de poucos meses. E, mesmo não existindo diferenças significativas entre as taxas de decomposição das duas fisionomias, essa maior produção de serapilheira pode estar corroborando com a hipótese acima. Além disso, os valores obtidos através da análise de componentes principais (PCA) na análise de correlações entre as variáveis ambientais, indicaram correlação maior entre as variáveis M.O. e H+Al, que entre H+Al e argila. Eiten

(1972), comentando o trabalho de Camargo & Arens (1967) sobre a reserva de cerrado em Corumbataí, considerou que as diferenças de fertilidade edáfica, apresentadas por esses autores, referentes às fisionomias que ocorriam em Corumbataí naquela época, cerradão, cerrado *s.s.* e campo limpo, seriam decorrentes de diferenças no acúmulo de húmus, relacionadas às distintas densidades e alturas, características dessas fisionomias.

Ainda na análise de ordenação envolvendo possíveis influências edáficas na definição da composição das duas fisionomias, os gradientes definidos pelas variações de textura e concentrações de H+Al e M.O., que separaram grupos de parcelas contendo cerradão daquelas com cerrado *s.s.*, os resultados parecem coerentes com os obtidos por Gomes et al. (2004a). Esses autores mencionaram a ocorrência de maior acúmulo de carbono orgânico no solo de cerradões, em detrimento dos solos encontrados em cerrados *s.s.*, além disso, esses autores encontraram também correlação positiva entre os teores de argila e carbono orgânico. Tal acúmulo de carbono orgânico, produto da decomposição da serapilheira, poderia ser uma indicação da liberação de substâncias húmicas na fisionomia savânica florestal, provenientes da decomposição microbiana (Barnes et al., 1997), que poderiam propiciar o aumento da acidez potencial. Parece ter havido ainda, certa coerência com os resultados de Demattê & Demattê (1993), que compararam os solos da floresta amazônica a solos savânicos do Centro-oeste brasileiro, e encontraram maior acidez e valores significativamente superiores para Al trocável nos solos florestais amazônicos, normalmente pobres em nutrientes, mas possuidores de eficiente processo de ciclagem de nutrientes (Fernandes, 2000). Deve ser salientado que hidróxidos de alumínio são componentes importantes de solos argilosos, e que a M.O., depositada na camada superficial do solo, tem propriedade de tamponar a acidez edáfica, auxiliando também na retenção da umidade edáfica (Braun-Blanquet, 1972; Barnes et al., 1997; Motta et al., 2002).

A separação das parcelas que abrigaram cerradão, daquelas contendo cerrado *s.s.*, pela análise de ordenação, foi facilmente percebida, quando considerada a composição de espécies em cada uma das parcelas (Figura 2). Todavia, na mesma análise, quando foi considerada a distribuição dos indivíduos pertencentes às espécies encontradas na área amostral, gradientes curtos foram evidentes. Tais gradientes foram definidos na análise de ordenação, provavelmente, pela ocorrência de espécies generalistas numerosas, cujos

indivíduos ocuparam toda a área amostrada. As espécies que ocorreram preferencialmente no cerradão, provavelmente foram beneficiadas pelos altos teores de argila e M.O., enquanto que aquelas que ocorreram no cerrado *s.s.*, a areia grossa foi o principal fator de influência (Figura 3, grupos A e C). Por outro lado, as maiores concentrações de M.O. e H+Al podem ter sido importantes para a distribuição de algumas espécies, e.g. *M. chartacea* (Figura 3, grupo B). A ocorrência de gradientes curtos parece ser um fenômeno muito freqüente em formações florestais no Brasil, definido pela ocorrência da maioria das espécies por todo o gradiente observado (Oliveira-Filho et al., 1997; Botrel, et al., 2002; Espírito-Santo et al., 2002; Souza et al., 2003; Dalanesi et al., 2004).

A umidade edáfica é um importante fator para a distribuição da vegetação do cerrado (Sarmiento, 1984; Oliveira Filho & Ratter, 2002; Quesada et al., 2004), e a variação da textura do solo pode exercer relevante influência na definição da composição e estrutura de fisionomias savânicas (Batista & Couto, 1990; Ruggiero et al., 2002; Durigan et al., 2003). Em Corumbataí, o cerradão parece ter predominado em áreas com menor drenagem, onde a água poderia permanecer retida por mais tempo, após as chuvas, e permanecendo à disposição do sistema radicular das populações arbustivo-arbóreas, nessa fisionomia, por mais tempo. Além disso, a ocorrência de espécies comuns ao ambiente savânico, e.g. *Campomanesia guaviroba*, *O. spectabilis* e *Qualea dichotoma*, incluídas no grupo de parcelas C (Figura 3), possivelmente esteve relacionada a teores mais elevados de areia grossa, o que poderia reforçar as considerações acima.

As diferenças estruturais, encontradas entre as duas fisionomias pela CCA, mesmo com 1,1% da variância total, conseqüência da elevada variância remanescente não explicada, foram suficientes para que muitas parcelas, abrigando cerradão, fossem separadas daquelas contendo cerrado *s.s.*, podendo indicar possíveis correlações entre essas parcelas e os fatores edáficos usados na ordenação. Além disso, essas parcelas apresentaram uma distribuição aproximada (Figura 4) daquela definida pela abundância das espécies nas diferentes parcelas, encontrada a partir da análise de diferenças na composição florística entre as duas fisionomias (Figura 2). As diferenças estruturais, que ainda podem ser encontradas entre as duas fisionomias (Tabelas 5, 6 e 8), foram, provavelmente, responsáveis pela porcentagem muito baixa da variância total. E, embora esse fenômeno seja comum em estudos de abundância de espécies em comunidades vegetais no Brasil

(Botrel et al., 2002; Espírito-Santo et al., 2002), em nenhum desses trabalhos ocorreram valores tão baixos para a variância total.

A análise de ordenação envolvendo a estrutura das duas fisionomias savânicas, assim como a composição, indicou a textura como o principal fator de influência para a definição dos atributos analisados das duas fisionomias. A areia grossa esteve relacionada a parcelas do cerrado *s.s.*, enquanto que a areia fina e argila, além da acidez potencial, possivelmente exerceram influência sobre o cerradão. E, embora tenha ocorrido certa dificuldade na definição dos limites das transições entre as duas fisionomias ao longo do transecto, tal dificuldade é compreensível pelo fato de ser, muitas vezes, arbitrária a separação de diferentes fisionomias savânicas (Oliveira Filho & Ratter, 2002), sendo essa limitação muito freqüente entre tipos vegetacionais similares (Greig-Smith, 1964). Contudo, as características relacionadas à dominância e à cobertura vegetal foram de fundamental importância na definição dos limites das duas fisionomias.

Os resultados encontrados pelo presente estudo parecem corroborar as considerações de Coutinho (1990), que, ao comentar as conseqüências da ausência do fogo em áreas savânicas por amplos períodos de tempo, salientou as graduais alterações na composição e estrutura dessas fisionomias. Entretanto, devem ser consideradas as limitações na interpretação da influência de fatores abióticos na distribuição de populações vegetais, assim como na caracterização de diferentes biocenoses, sendo necessária a realização de mais estudos com o mesmo desenho experimental, para a confirmação de hipóteses.

3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALHO, C.J.R., MARTINS, E.S. 1995. **De grão em grão, o cerrado perde espaço.**

Cerrado: impactos do processo de ocupação. Brasília: WWF, Fundo Mundial para a Natureza. 66p.

ANDRADE, L.A.Z., FELFILI, J.M., VIOLATTI, L. 2002. Fitossociologia de uma área de cerrado denso na RECOR-IBGE, Brasília - DF. **Acta Botanica Brasílica**. 16(2): 225-240.

- APPOLINARIO, V. SCHIAVINI, I. 2002. Levantamento fitossociológico de espécies arbóreas de cerrado (*stricto sensu*) em Uberlândia – Minas Gerais. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**. 10: 57-75.
- ARAÚJO, A.R.B., TEIXEIRA, M.I.J.G., RODRIGUES, R.R. 1999. Florística e fitossociologia de um trecho de cerrado no município de Franca. **Naturalia**. 24: 153-170.
- ARCHER, S., COUGHENOUR, M., DALL'AGLIO, C., FERNADEZ, G.W., HAY, J. HOFFMANN, W., KLINK, C., SILVA, JUANF., SOLBRIG, O. 1996. Savanna biodiversity and ecosystem properties. In: SOLBRIG, O.T., MEDINA, E., SILVA, J.F. (ed.). **Biodiversity and savanna ecosystem processes: a global perspective**. Berlin: Springer. p. 207-214.
- BARNES, B.V., ZAK, D.R., DENTON, S.R., SPURR, S.H. 1997. **Forest ecology**. New York: John Wiley & Sons. 774p.
- BARBOSA, A.R., YAMAMOTO, K., VÁLIO, I.F.M. 1999. Effects of light and temperature on germination and early growth of *Vochysia tucanorum* Mart., Vochysiaceae, in cerrado and forest soil under different radiation levels. **Revista Brasileira de Botânica**. 22(2): 275-280.
- BATALHA, M.A., MANTOVANI, W., MESQUITA JÚNIOR, H.N. 2001. Vegetation structure in cerrado physiognomies in south-eastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**. 61(3): 475-483.
- BATISTA, E.A., COUTO, H.T.Z. 1990. Influência de fatores químicos e físicos do solo sobre o desenvolvimento da vegetação de cerrado na Reserva Biológica de Moji-Guaçu. **Revista do Instituto Florestal**. 2(1): 69-86.
- BICUDO, L.R.H., CESAR, O., MONTERIO, R. 1996. Florística comparativa de uma área de cerrado no município de Botucatu, SP (Brasil). **Arquivos Brasileiros de Biologia e Tecnologia**. 39(3): 685-691.
- BOTREL, R.T., OLIVEIRA-FILHO, A.T., RODRIGUES, L.A., CURI, N. 2002. Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arbórea-arbustiva de uma floresta estacional semidecidual em Ingaí, MG. **Revista Brasileira de Botânica**. 25(2): 195-213.

- BRAITHWAITE, R.W. 1996. Biodiversity and fire in the savanna landscape. In: SOLBRIG, O.T., MEDINA, E., SILVA, J.F. (ed.). **Biodiversity and savanna ecosystem processes**: a global perspective. Berlin: Springer. p. 121-140.
- BRANDO, P.M., DURIGAN, G. 2004. Changes in cerrado vegetation after disturbance by frost (São Paulo State, Brazil). **Plant Ecology**. 175: 205-215.
- BRAUN-BLANCHET, J. 1972. **Plant sociology**: the study of plant communities. New York: Hafner Publishing Company. 439p.
- BRIANI, D.C., PALMA, A.R.T., VIEIRA, E.M., HENRIQUES, R.P.B. 2004. Post-fire succession of small mammals in the cerrado of central Brazil. **Biodiversity and Conservation**. 13(5): 1023-1037.
- CAMARGO, P.N.; ARENS, K. 1967. Observações sobre uma reserva de cerrado. **Revista de Agricultura**. 42: 3-9.
- CASTRO, A.A.J. 1987. **Florística e fitossociologia de um cerrado marginal brasileiro. Parque Estadual de Vaçununga Santa Rita do Passa Quatro – SP**. Campinas: Dissertação de Mestrado. Campinas: Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas.
- CASTRO, A.A.J.; MARTINS, F.R.; TAMASHIRO, J.Y.; SHEPHERD, G.J. 1999. How rich is the flora of Brazilian cerrado. **Annals of the Missouri Botanical Gardens**. 86 (1): 192-224.
- CASTRO, E.A., KAUFFMAN, J.B. 1998. Ecosystem structure in the Brazilian cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. **Journal of Tropical Ecology**. 14(3): 263-283.
- CAVASSAN, O. 2002. O cerrado do Estado de São Paulo. In: KLEIN, A.L. (org.). **Eugen Warming e o cerrado brasileiro**: um século depois. São Paulo: Editora UNESP, Imprensa Oficial do Estado. p. 93-106.
- CESAR, O., PAGANO, S.N., LEITÃO FILHO, H.F., MONTEIRO, R., SILVA, O.A., MARINIS, G., SHEPHERD, G.J. 1988. Estrutura fitossociológica do estrato arbóreo de uma área de vegetação de cerrado no município de Corumbataí (Estado de São Paulo). **Naturalia**. 13: 91-101.

- COSTA, A.A., ARAÚJO, G.M. 2001. Comparação da vegetação arbórea de cerrado e de cerrado na Reserva do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. **Acta Botanica Brasilica**. 15(1): 63-72.
- COUTINHO, L.M. 1978. O conceito de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**. 1: 17-23.
- COUTINHO, L.M. 1990. Fire in the ecology of the Brazilian cerrado. In: Goldammer, J.G. (ed.). **Fire in the tropical biota**. Berlin: Springer-Verlag. p. 81-105.
- COUTINHO, L.M. 2002. O bioma cerrado. In: KLEIN, A.L. (org.). **Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois**. São Paulo: Editora UNESP, Imprensa Oficial do Estado. p. 77-91.
- D'ANTONIO, C.M., DUDLEY, T.L. 1995. Biological invasions as agents of change on islands versus mainlands. In: VITOUSEK, P.M., LOOPE, L.L., ADSERSEN, H. (eds.). **Islands, biological diversity and ecosystem function**. Berlin: Springer-Verlag. p. 103-121.
- DALANESI, P.D., OLIVEIRA-FILHO, A.T, FONTES, MA.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 ambientais. **Acta Botanica Brasília**. 18(4): 737-757.
- DAUBENMIRE, R.F. 1974. **Plants and environment: a textbook of plant autoecology**. New York: John Wiley & Sons. 422p.
- DEMATTE, J.L.I., DEMATTE, J.A.M. 1993. Comparações entre as propriedades químicas de solos das regiões da floresta amazônica e do cerrado do Brasil central. **Scientia Agricola**. 50(2): 272-286.
- DURIGAN, G., RATTER, J.A. 2005. Notes on successional changes in cerrado and cerrado-forest ecotonal vegetation in western São Paulo State, Brazil, 1962-2000. **Edinburgh Journal of Botany** (No prelo).
- DURIGAN, G., BAITELLO, J.B., FRANCO, G.A.D.C., SIQUEIRA, M.F. 2004. **Plantas do cerrado paulista: imagens de uma paisagem ameaçada**. São Paulo: Páginas e Letras. 475p.
- DURIGAN, G., LEITÃO FILHO, H.F., RODRIGUES, R.R. 1994. Phytosociology and structure of a frequently burnt cerrado vegetation in SE-Brazil. **Flora**. 189: 153-160.

- DURIGAN, G., NASHIKAWA, D.L.L., ROCHA, E., SILVEIRA, E.R., PULITANO, F.M., REGALADO, L.B., CARVALHAES, PARANAGUÁ, P.A., RANIERI, V.E.L. 2001. Caracterização de dois estratos da vegetação de uma área de cerrado no município de Brotas, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**. 16(3): 251-262.
- DURIGAN, G., RATTER, J.A., BRIDGEWATER, S., SIQUEIRA, M.F., FRANCO, G.A.D.C. 2003. Padrões fitogeográficos do cerrado paulista sob uma perspectiva regional. **Hoehnea**. 30(1): 39-51.
- DURIGAN, G., SIQUEIRA, M.F., FRANCO, G.A.D.C., BRIDGEWATER, S., RATTER, J.A. 2003. The vegetation of priority areas for cerrado conservation in São Paulo State, Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**. 60(2): 217-241.
- EASTMAM, J. R. 1999. IDRISI for Windows: user's guide. Worcester: Department of Geography of Clark University. 2v.
- EITEN, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. **Botanical Review**. 38(2): 201-341.
- EITEN, G. 1977. Delimitação do conceito de cerrado. **Arquivos do Jardim Botânico**. 21: 125-134.
- ESPÍRITO-SANTO, F., OLIVEIRA-FILHO, A.T, MACHADO, E.L.M., SOUZA, J.S., FONTES, MA.L., MARQUES, J.J.G.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 Brasílica**. 16(3): 331-356.
- FELFILI, J.M., SILVA JÚNIOR, M.C. 1993. A comparative study of cerrado (*sensu stricto*) vegetation in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**. 9: 277-289.
- FELFILI, J.M., SILVA JÚNIOR, M.C, REZENDE, A.V., MACHADO, J.W.B., WALTER, B.M.T., SILVA, P.E.N., HAY, J.D. 1993. Análise comparativa da florística e fitossociologia da vegetação arbórea do cerrado *sensu stricto* na Chapada Pratinha, DF – Brasil. **Acta Botanica Brasílica**. 6(2): 27-46.
- FELFILI, J.M., NOGUEIRA, P.E., SILVA JÚNIOR, M.C, MARIMON, B.S., DELITTI, W.B.C. 2002. Composição florística e fitossociologia do cerrado sentido restrito no município de Água Boa – MT. **Acta Botanica Brasílica**. 16(1): 103-112.

- FELFILI, J.M., SILVA JÚNIOR, M.C, SEVILHA, A.C., FAGG, C.W., WALTER, B.M.T., NOGUEIRA, P.E., REZENDE, A.V. 2005. Diversity, floristic and structural patterns of cerrado vegetation in Central Brazil. **Plant Ecology**. 175(1): 37-46.
- FERNANDES, A. 2000. **Fitogeografia brasileira**. Fortaleza: Multigraf. 340p.
- FERRACINI, M.C., FERLINI, R.F., CAVASSAN, O. 1983. Composição florística de uma área de cerrado no município de Bauru, SP. **Salusvita**. 2(1): 1-9.
- FIDELIS, A.T., GODOY, S.A.P. 2003. Estrutura de um cerrado stricto sensu na gleba cerrado Pé-de-gigante, Santa Rita do Passa Quatro, SP. **Acta Botanica Brasílica**. 17(4): 531-539.
- FRANCO, A.C. 2002. Ecophysiology of woody plants. In: OLIVEIRA, P.S., MARQUIS, R.J. **The cerrado of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University Press. p. 178-197.
- FURLEY, P.A. 1992. Edaphic changes at the forest-savanna boundary with particular reference to the neotropics. In: FURLEY, P.A.; PROCTOR, J.; RATTER, J.A. (ed.). **Nature and dynamics of forest-savanna boundaries**. London: Chapman & Hall. p. 91-117.
- FURLEY, P.A. 1999. The nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. **Global Ecology and Biogeography**. 8(5): 223-241.
- GIANNOTTI, E.; LEITÃO FILHO, H.F. 1992. Comparação florística do cerrado da Estação experimental de Itirapina (SP). In: Congresso da Sociedade Botânica de São Paulo, 8. **Anais...** Campinas: Editora da UNICAMP. p. 21-25.
- GOMES, J.B.V., CURI, N., MOTTA, P.E.F., KER, J.C., MARQUES, J.J.G.S.M., SCHULZE, D.G. 2004a. Análise de componentes principais de atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos do bioma cerrado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. 28(1): 137-153.
- GOMES, B.Z., MARTINS, F.R., TAMASHIRO, J.Y. 2004b. Estrutura do cerradão e da transição entre cerradão e floresta paludícula num fragmento da International Paper do Brasil Ltda., em Brotas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**. 27(2): 249-262.
- GOTTSBERGER, G., MORAWETZ, W. 1986. Floristic, structural and phytogeographical analysis of the savannas of Humaitá (Amazonas). **Flora**. 178: 41-71.

- GREIG-SMITH, P. 1964. **Quantitative plant ecology**. London: Butter Worths. 286p.
- HARIDASAN, M. 1992. Observations on soils, foliar nutrient concentrations and floristic composition of cerrado *sensu stricto* and *cerradão* communities in central Brazil. In: FURLEY, P.A.; PROCTOR, J.; RATTER, J.A. (ed.). **Nature and dynamics of forest-savanna boundaries**. London: Chapman & Hall. p. 171-184.
- HENRIQUES, R.P.B., HAY, J.D. 2002. Patterns and dynamics of plant populations. In: OLIVEIRA, P.S., MARQUIS, R.J. (eds.). **The cerrados of Brazil**. New York: Columbia University Press. p. 140-158.
- HERINGER, E.P.; BARROSO, G.M.; RIZZO, I.A.; RIZZINI, C.T. 1977. A flora do cerrado. In: Ferri, M.G. (coord.). **Simpósio sobre o cerrado: bases para a utilização agropecuária**, São Paulo: EDUSP. p. 211-232.
- HOFFMANN, W.A. 1996. The effects of fire and cover on seedling establishment in a neotropical savanna. **Journal of Ecology**. 84(3): 383-393.
- HOFFMANN, W.A. 1998. Post-burn reproduction of woody plants in aneotropical savanna: the relative importance of sexual and vegetative reproduction. **Journal of Applied Ecology**. 35(3): 422-433.
- HOFFMANN, W.A. 1999. Fire and population dynamics of woody plants in a neotropical savanna: matrix model projections. **Ecology**. 80(4): 134-1369.
- HOFFMANN, W.A. 2000. Post-establishment seedling success in the Brazilian cerradão: a comparison of savanna and forest species. **Biotropica**. 32(1): 62-69.
- HOFFMANN, W.A., FRANCO, A.C. 2003. Comparative growth analysis of tropical forest and savanna woody plants using phylogenetically independent contrasts. **Journal of Ecology**. 91(3): 475-484.
- HOFFMANN, W.A., SOLBRIG, O.T. 2003. The role of topkill in the differential response of savanna woody species to fire. **Forest Ecology and Management**. 180(1/3): 273-286.
- HOFFMANN, W.A., LUCATELLI, V.M.P.C., SILVA, F.J., AZEVEDO, I.N.C., MARINHO, M.S., ALBUQUERQUE, A.M.S., LOPES, A.O., MOREIRA, S.P. 2004. Impact of the invasive alien grass *Melinis minutiflora* at the savanna-forest ecótono in the Brazilian cerrado. **Diversity and Distributions**. 10(2): 99-103.

- HOPKINS, B. 1992. Ecological process at the forest-savanna boundary. In: FURLEY, P.A.; PROCTOR, J.; RATTER, J.A. (eds.). **Nature and dynamics of forest-savanna boundaries**. London: Chapman & Hall. p. 21-33.
- INSTITUTO DA POTASSA & FOSFATO. 1998. Manual internacional de fertilidade do solo. Piracicaba: POTAFOS. 177p.
- JELTSCH, F., WEBER, G.E., GRIMM, V. 2000. Ecological buffering mechanisms in savannas: a unifying theory of long-term tree-grass coexistence. **Plant Ecology**. 161(2): 161-171.
- KREBS, C.J. 1998. **Ecological methodology**. New York: Addison Wesley Longman. 581p.
- KRONKA, F.A., NALON, M.A., MATSUKUMA, C.K., PAVÃO, M., GUILLAUMON, J.R., CAVALLI, A.C., GIANNOTTI, E., YWANE, M.S.S.I., LIMA, L.M.P.R., MONTES, J., CALI, I.H.D., HAACK, P.G. 1998. **Áreas de domínio do cerrado no Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente. 84p.
- LEITÃO FILHO, H.F. 1992. A flora arbórea dos cerrados do estado de São Paulo. **Hoehnea**. 19: 151-163.
- LEVIN, S.A. 1992. The problem of patterns and scale in ecology. **Ecology**. 73(6): 1943-1967.
- LORENZI, H. 1992. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 352p.
- LORENZI, H. 2002. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 368p.
- LUDWIG, J.A., REYNOLDS, J.F. 1988. **Statistical ecology: a primer on methods and computing**. New York: John Wiley & Sons. 337p.
- MARQUES, J.J., SCHULZE, D.G., CURI, N., MERTZMAN, S.A. 2004. Major element geochemistry and geomorphic relations in Brazilian cerrado soils. **Geoderma**. 119(3/4): 179-195.
- MARTINS, F.R. 1990. Atributos de comunidades vegetais. **Quid, Teresina**. 9(1/2): 12-17.
- MEDEIROS, M.B. 2002. Manejo do fogo em unidades de conservação do cerrado. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**. 10: 76-89.

- MENDONÇA, R.; 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. (eds). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA. p. 287-556.
- McCUNE, B., MEFFORD, M.J. 1995. **PC-ORD**: multivariate analysis of ecological data. Version 2. Gleneden Beach: MJM Software Design. 125p.
- MOREIRA, A. 2000. Effects of fire protection on savanna structure in Central Brazil. **Journal of Biogeography**. 27(4): 1021-1029.
- MOTTA, P.E.F., CURI, N., FRANZMEIER, D.P. 2002. Relations of soils and geomorphic surfaces in the Brazilian cerrado. In: OLIVEIRA, P.S., MARQUIS, R.J. (eds.). **The cerrados of Brazil**. New York: Columbia University Press. p. 13-32.
- MUELLER-DOMBOIS, D. 1995. Biological diversity and disturbance regimes in island ecosystems. In: VITOUSEK, P.M., LOOPE, L.L., ADSERSEN, H. (eds.). **Islands, biological diversity and ecosystem function**. Berlin: Springer-Verlag. p. 163-175.
- MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., FONSECA, G.A.B., KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**. 403(6772): 853-858.
- OLIVEIRA FILHO, A.T., FLUMINHAN FILHO, M. 1999. Ecologia da vegetação do Parque Florestal quedas do Rio Bonito. **Cerne**. 5(2): 51-64.
- OLIVEIRA FILHO, A.T., RATTER, J. A. 2002. Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. In: OLIVEIRA, P.S., MARQUIS, R.J. (eds.). **The cerrados of Brazil**. New York: Columbia University Press. p. 91-120.
- OLIVEIRA FILHO, A.T., MARTINS, F.R. 1991. A comparative study of five cerrado areas in southern Mato Grosso, Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**. 48(3): 307-332.
- OLIVEIRA FILHO, A.T., MELLO, J.M., SCOLFO, J.R. 1997. Effects of past disturbance and edges on tree community structure and dynamics within a fragmento of tropical semideciduous forest in south-eastern Brazil over a five-year period (1987-1992). **Plant Ecology**. 131(1): 45-66.
- PAGANO, S.N., CESAR, O., LEITÃO FILHO, H.F. 1989a. Composição florística do estrato arbustivo arbóreo da vegetação de cerrado da área de proteção ambiental (APA) de Corumbataí – Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia**. 49(1): 37-48.

- PAGANO, S.N., CESAR, O., LEITÃO FILHO, H.F. 1989b. Estrutura fitossociológica do estrato arbustivo-arbóreo da vegetação de cerrado da Área de Proteção Ambiental (APA) de Corumbataí – Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia**. 49(1): 49-59.
- PASCHOAL, M.E.S., MONTANHOLI, R. 1997. Levantamento florístico do estrato arbustivo-arbóreo de u fragmento de vegetação nativa no campo experimental USC, Agudos, SP. **Salusvita**. 16(1): 161-174.
- PICCOLO, A.L.G., THAMAZINI, L.I., MASSA, C.S., CESAR, O., PAGANO, S.N., MORAES, J.A.P.V., AMARAL, H. 1971. Aspecto fitossociológico de uma reserva de cerrado. **Revista de Agricultura**. 46: 81-92.
- PIMM, S.L. 1993. Biodiversity and the balance of nature. In: SCHULZE, E.D., MONEY, H.A. (eds.). **Biodiversity and ecosystems function**. Berlim: Springer-Verlag. p. 347-359.
- PRIMACK, R.B., RODRIGUES, E. 2001. **Biologia da conservação**. Londrina: E. Rodrigues. 327p.
- QUESADA, C.A., MIRANDA, A.C., HODNETT, M.G., SANTOS, A.J.B., MIRANDA, H.S., BREYER, L.M. 2004. Seasonal and depth variation of soil moisture in a burned open savanna (campo sujo) in central Brazil. **Ecological Applications**. 14(4): S33-S41.
- RAIJ, B. van, CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A., FURLANI, A.M.C. 1996. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas. 285 p.
- RATTER, J.A. 1992. Transitions between cerrado and forest vegetation in Brazil. In: FURLEY, P.A.; PROCTOR, J.; RATTER, J.A. (eds.). **Nature and dynamics of forest-savanna boundaries**. London: Chapman & Hall. p. 417-429.
- RATTER, J.A., RIBEIRO, J.F., BRIDGEWATER, S. 1997. The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany**. 80(3): 223-230.
- RATTER, J.A., BRIDGEWATER, S., RIBEIRO, J.F., DIAS, T.A.B., SILVA, M.R. 2000. Estudo preliminar da distribuição das espécies lenhosas da fitofisionomia cerrado sentido restrito nos estados compreendidos pelo bioma cerrado. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**. 5: 5-43.

- RATTER, J.A., BRIDGEWATER, S., RIBEIRO, J.F. 2003. Analysis of the floristic composition of Brazilian cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany**. 60 (1): 57-109.
- RESENDE, I.L.M., ARAÚJO, G.M., OLIVEIRA, A.P.A., OLIVEIRA, A.P., ÁVILA JÚNIOR, R.S. 2004. A comunidade vegetal e as características abióticas de um campo de murundu em Uberlândia, MG. **Acta Botanica Brasílica**. 18(1): 9-17.
- RIBEIRO, L.F., TABARELLI, M. 2002. A structural gradient in cerrado vegetation of Brazil: changes in woody plant density, species richness, life and plant composition. **Journal of Tropical Ecology**. 18(5): 775-794.
- RIZZINI, C.T. 1971. A flora do cerrado: análise florística das savanas centrais. In: FERRI, M.G. (coord.). **Simpósio sobre o cerrado**. São Paulo: EDUSP. p. 107-153.
- ROBERTS, S.J. 2001. Tropical fire ecology. **Progress in Physical Geography**. 25(2): 286-291.
- RODRIGUES, R.R., NAVE, A.G. 2000. Heterogeneidade florística das matas ciliares. In: RODRIGUES, R.R., LEITÃO FILHO, H.F. (eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, FAPESP. p. 45-71.
- RONQUIM, C.C., PRADO, C.H.B.A., PAULA, N.F. 2003. Growth and photosynthetic capacity in two woody species of cerrado vegetation under different radiation availability. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. 46(2): 243-252.
- RUGGIERO, P.G.C., BATALHA, M.A., PIVELLO, V.R., MEIRELLES, S.T. 2002. Soil-vegetation relationships in cerrado (Brazilian savanna) and semideciduous forest, Southeastern Brazil. **Plant Ecology**. 160(1): 1-16.
- SANTANA, D.G., RANAL, M.A. 2004. **Análise germinação: um enfoque estatístico**. Brasília: Editora Universidade de Brasília. 248p.
- SANTOS, S.L., VÁLIO, I.F.M. 2002. Litter accumulation and its effect on seedling recruitment in a southeast Brazilian tropical forest. **Revista Brasileira de Botânica**. 25(1): 89-92.
- SARAIVA, L. CESAR, O., MONTEIRO, R. 1996. Breeding systems of shrubs and trees of a Brazilian savanna. **Arquivos de Biologia e de Tecnologia**. 39 (4): 751-763.
- SARMIENTO, G. 1984. **The ecology of neotropical savannas**. Cambridge: Harvard University Press. 235p.

- SAUNDERS, D.A., HOBBS, R.J., MARGULES, C.R. 1991. Biological consequences of ecosystems fragmentation: a review. **Conservation Biology**. 5(1): 18-32
- SHEPHERD, G. 1994. **FITOPAC 1**: manual do usuário. Campinas: Departamento de Botânica da UNICAMP.
- SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I., MORAWETZ, W., GOTTSBERGER, G. 1977. Frost damage of cerrado plants in Botucatu, Brazil, as related to the geographical distribution of the species. **Biotropica**. 9(4): 253-261.
- SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I., GOTTSBERGER, G. 1984. Cerrado-cerradão: a comparison with respect to number of species and growth forms. **Phytocoenologia**. 12(2/3): 293-303.
- SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I., EITEN, G. 1987. A hectare of cerrado. I. General aspects of the trees and thick-stemmed shrubs. **Phyton**. 27: 55-91.
- SILVA, O.A. 1989. **Aspectos da compartimentalização mineral de *Amaioua guianensis* Shuman (Rubiaceae) e *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae) em ecossistemas de cerrado e de mata mesófila semidecídua**. Tese de Doutorado. Rio Claro: Instituto de Biociências, UNESP.
- SILVA, C.A. 2001. **Variabilidade das chuvas na bacia do rio Corumbataí e implicações no consumo e qualidade das águas do município de Rio Claro (SP)**. Dissertação de Mestrado. Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP.
- SOUZA, J.S., ESPÍRITO-SANTO, F., FONTES, M.A.L., OLIVEIRA-FILHO, A.T, BOTEZELLI, L. 2003. Análise das variações forísticas e estruturais da comunidade arbórea de um fragmento de floresta semidecídua às margens do rio Capivari, Lavras-MG. **Revista Árvore**. 27(2): 185-206.
- TAUK, S.M, MARCO, R.A. 1990. Atividade de solo sob cerrado tratado com doses cumulativas de vinhaça, no município de Corumbataí, SP. **Naturalia**. 15: 1-10.
- TEIXEIRA, M.I.J.G., ARAÚJO, A.R.B., VALERI S.V., RODRIGUES, R.R. 2004. Florística e fitossociologia de párea de cerrado s.s. no município de Patrocínio Paulista, Nordeste do Estado d São Paulo. **Bragantia**. 63(1): 1-11.

- TOLEDO FILHO, D.V., LEITÃO FILHO, H.F., SHEPHERD, G.J. 1989. Estrutura fitossociológica da vegetação de cerrado em Moji-Mirim (SP). **Revista do Instituto Florestal**. 1(2): 1-12.
- TROPPEMAYER, H. 2000. **Geossistemas e geossistemas paulistas**. Rio Claro: IGCE, UNESP. 130p.
- UHLMANN, A. GALVÃO, F., SILVA, S.M. 1998. Análise da estrutura de duas unidades fitofisionômicas de savana (cerrado) no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasílica**. 12(3): 231-247.
- VALENTIN, J.L. 2000. **Ecologia numérica**: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos. Rio de Janeiro: Interciência. 117p.
- VIEIRA, E.M., MARINHO FILHO, J. 1998. Pre- and post-fire habitat utilization by rodents of cerrado from central Brazil. **Biotropica**. 30(3): 491-496.
- WHELAN, R.J. 1986. Seed dispersal in relation to fire. In: MURRAY, D.R. (ed.). **Seed dispersal**. Sydney: Academic Press. p. 237-271.
- ZAR, J.H. 1999. **Biostatistical analysis**. New Jersey: Prentice-Hall. 663p.

Capítulo 4

DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE FISIONOMIAS SAVÂNICAS EM UM FRAGMENTO NO SUDESTE BRASILEIRO: 1962-2005

Capítulo 4

DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE FISIONOMIAS SAVÂNICAS EM UM FRAGMENTO NO SUDESTE BRASILEIRO: 1962-2005

4.1. INTRODUÇÃO

A definição das características vegetacionais de fitocenoses pode sofrer influência de diferentes fatores abióticos, como a topografia, o solo, o clima (Oliveira Filho et al., 1994; Clark et al., 1998; Sollins, 1998; Lindenmayer et al., 1999; Zeilhofer & Schessl, 1999; Miyamoto, et al., 2003; Guilherme et al., 2004) e, entre outros fatores de influência, o fogo (Kauffman et al., 1994; Moreira, 2000; Roberts, 2001; Ivanauskas et al., 2003). Em formações savânicas em todo o mundo, a ação do fogo tem sido objeto de estudo em muitos trabalhos (Greig-Smith, 1991; Biddulph & Kellman, 1998; Laclau et al., 2002; Fensham et al., 2003; Wilson & Witkowski, 2003; Harcombe et al., 2004; Townsend & Douglas, 2004; Barbosa & Fearnside, 2005).

No Brasil, estudos recentes mostraram a importância de incêndios periódicos para a manutenção do equilíbrio entre as fisionomias savânicas, presentes no cerrado *lato sensu*, garantindo a permanência daquelas onde prevalecem vegetais herbáceo-subarbustivos, normalmente mais resistentes ao fogo (Coutinho, 1990; Durigan et al., 1994; Hoffmann, 1999; Coutinho, 2002). Outros fatores, porém, parecem exercer influência não menos importante para a definição da distribuição, composição e estrutura de formações savânicas, e.g., a disponibilidade hídrica edáfica (Haridasan, 1992; Oliveira Filho & Ratter, 2002; Quessada et al., 2004), e a proximidade de outros remanescentes vegetais (Ribeiro & Tabarelli, 2002).

Existem posições distintas entre autores quanto às possíveis conseqüências da ausência do fogo no cerrado. Entre elas está a de Rizzini (1976), ao mencionar que os cerrados protegidos do fogo, ao contrário de outras formações savânicas, e.g. os *llanos* venezuelanos, não demonstrariam tendência para a transição florestal. Coutinho (1990), por sua vez, afirmou o oposto, considerando que experimentos envolvendo a supressão do fogo por longos períodos, teriam mostrado a ocorrência da mencionada transição. Quanto a essa controvérsia, a posição adotada por Haridasan (1992) foi, no mínimo, cautelosa. Esse autor argumentou que a ocupação do cerrado *stricto sensu* pelo cerradão, na ausência do fogo, pode ter interferência do componente edáfico,

especialmente em solos distróficos, onde essa transição não ocorreria pela simples supressão de incêndios, mas, possivelmente, pela maior capacidade do solo em reter umidade. Contudo, muitos trabalhos confirmaram o aumento de densidade de formações savânicas, com a diminuição da frequência de incêndios (Moreira, 2000; Henriques & Hay, 2002; Hoffmann & Moreira, 2002).

Métodos geoestatísticos representam uma importante ferramenta em análises sobre a influência de diferentes fatores na definição de padrões espaço-temporais de fisionomias savânicas (Robertson, 1987). Entre esses métodos, deve ser salientado a krigagem, que foi utilizada em diferentes análises de distribuição espacial e caracterização estrutural de populações e comunidades vegetais por autores como Köhl & Gertner (1997), Grushecky & Fajvan (1999), Ushima et al. (2003) e Nanos et al. (2004).

O presente estudo pretendeu estudar as diferenças na distribuição de duas fisionomias savânicas, cerrado *stricto sensu* (s.s.) e cerradão, em um fragmento de cerrado, ao longo de um período de 43 anos de ausência do fator fogo, através de métodos geoestatísticos, tentando relacionar os padrões de distribuição dessas fisionomias a fatores edáficos, i.e., textura.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1. Características da área de estudo

O cerrado de Corumbataí abriga, atualmente, duas fisionomias, cerradão e cerrado s.s. A primeira, segundo Eiten (1983), apresenta características florestais, com cobertura acima de 30%, e árvores produzindo um dossel fechado, atingindo, geralmente, 7 m de altura, ou mais, possuindo sub-bosque composto por espécies arbustivas com distribuição esparsa. O cerrado s.s., por sua vez, é composto por árvores que, normalmente, não atingem 7 m de altura, havendo considerável presença de espécies herbáceo-subarbustivas. A cobertura dessa fisionomia é menor que 30%.

Na área de estudo o cerradão apresentou altura média igual a 3,90 m, e o cerrado s.s. igual a 3,46. O diâmetro médio do cerradão e do cerrado s.s. foi igual a 3,98 cm e 4,09 cm, respectivamente, como foi descrito no capítulo 3. E, embora Eiten (1983) tenha mencionado que a altura dos indivíduos arbóreos no cerrado s.s. normalmente não suplante os 7 m, na área de estudo essa fisionomia apresentou muitas espécies com

indivíduos que ultrapassaram esse valor para altura (Tabela 6, capítulo 3). Na fisionomia cerradão os indivíduos arbóreos apresentam copas muito próximas, limitando parcialmente a incidência de luz solar até o solo.

As diferenças estruturais encontradas atualmente entre as duas fisionomias foram pequenas. Como foi mencionado no capítulo 3, a altura média e diâmetro médio encontrados no cerrado *s.s.* foram iguais a 3,41 m e 4,08 cm, respectivamente, e no cerradão foram, respectivamente, 3,90 m e 3,98 cm. Essas diferenças, mesmo que mínimas, ainda são suficientes para a ocupação mais intensa do cerrado *s.s.* por indivíduos herbáceos, que necessitam de maiores intensidades de luminosidade. As mesmas espécies herbáceas ocorrem no cerradão, mas em densidade menor. Todavia, as densas touceiras de gramíneas e ciperáceas encontradas no cerrado *s.s.*, não podem ser vislumbradas na fisionomia de aspecto florestal.

É muito provável que no Estado de São Paulo, ou mesmo em outras regiões do país, poucos fragmentos savânicos apresentem um histórico de supressão a incêndios como o encontrado no cerrado de Corumbataí. Como foi mencionado no capítulo 3, a área de estudo permanece protegida do fogo desde sua aquisição, em 1962 (Camargo & Arens, 1967). A longa ausência de incêndios pôde ser comprovada a partir de caminhadas pela área de estudo, quando não foram encontradas árvores com troncos carbonizados.

Embora trabalhos anteriores tenham mencionado a ocorrência da fisionomia campo limpo no cerrado de Corumbataí (Camargo & Arens, 1967; Piccolo et al., 1971), o presente estudo considerou, a partir de análises das fotografias aéreas e imagens de satélite, apenas cerradão e cerrado *s.s.*, passando a incluir o que poderia ser campo limpo nessa última fisionomia. A razão para isso foi a impossibilidade para que diferenças pudessem ser notadas, entre as duas fisionomias, a partir do material fotográfico utilizado.

4.2.2. Mapeamento das fisionomias

A elaboração da cartografia foi efetuada através da compilação das cartas topográficas, na escala 1:10.000, folhas Corumbataí I (SF-23-Y-A-I-2-SO-E) (São Paulo, 1979a) e Fazenda da Toca (SF-23-Y-A-I-2-SO-F) (São Paulo, 1979b), a partir das quais foi delineada a área de estudo. A definição da distribuição das fisionomias do cerrado de Corumbataí, cerradão e cerrado *s.s.*, foi realizada através da elaboração de

mapas com a distribuição das fisionomias savânicas, a partir da interpretação de fotografias aéreas, utilizando-se estereoscópio de espelhos, dos anos de 1962 (1:25.000), 1972 (1:25.000), 1978 (1:35.000), 1988 (1:40.000), 1995 (1:25.000) e 2000 (1:30.000). Essas fotografias aéreas foram produzidas pela empresa BASE Aerofotogrametria e Projetos SA, exceto as dos anos 1972 e 1978, de responsabilidade da empresa IBC/GERCA. O mapa com a distribuição das fisionomias para o ano de 2005 foi elaborado a partir de imagens do satélite MOLDIS, fornecidas pela Digital Globe.

A seqüência de fotografias aéreas com a distribuição das duas fisionomias savânicas encontradas na área de estudo, foi utilizada na análise da variação da área ocupada por ambas as fisionomias ao longo do período estudado.

Foram calculadas também as taxas de variação da área ocupada pelas duas fisionomias na área de estudo, dos anos mencionados acima, a partir da fórmula $TA = \frac{A_{ti} - A_{ti'}}{A_{ti'}} \times 100 / \Delta T$, onde:

TA – taxa de alteração de área ocupada em %/ano, ocupada pela fisionomia considerada

A_{ti} – Área total da fisionomia considerada no ano t_i

$A_{ti'}$ – Área total da fisionomia no período anterior considerado

ΔT – intervalo de tempo em anos

4.2.3. Coleta de solo

Coleta de amostras do latossolo amarelo, presente em todo o fragmento de cerrado de Corumbataí, obedeceu a uma grade regular de 200 m², definida a partir do sorteio de 17 pontos georreferenciados. Os procedimentos de coleta de solo e análises físicas obedeceram à metodologia apresentada no capítulo 3.

4.2.4. Análise geoestatística

O procedimento metodológico adotado foi a interpolação dos dados de textura edáfica, i.e., porcentagem de argila, areia fina, areia grossa e silte, através do método geoestatístico denominado krigagem ordinária, procedimento adotado para a

produção de mapas isopléticos, nos quais foi possível inferir a distribuição dos componentes da textura na área de estudo (Sturaro et al., 2000; Landim, 2003).

A krigagem é um método geoestatístico que permite a estimativa de valores de variáveis distribuídas no espaço e/ou no tempo, a partir de valores contíguos. É um procedimento exato que leva em consideração todos os valores observados, podendo ser a base para a cartografia automática obtida através de computadores, a partir de valores de uma variável regionalizada distribuídos em uma área (Landim, 2003).

Não foram utilizados na krigagem ordinária os valores de análises químicas edáficas, por representarem características químicas atuais do solo do cerrado estudado, e pelo fato da vegetação exercer grande influência na definição da química edáfica, especialmente dos horizontes superficiais, e.g., a partir da decomposição da serapilheira produzida (Daubenmire, 1974; Barnes et al., 1997). O solo e vegetação formam uma interação complexa e, uma vez ocorrida uma alteração a um dos membros desse complexo, o outro sofre alterações imediatas, e um novo equilíbrio pode ser estabelecido (Daubenmire, 1974). O horizonte superficial edáfico tende a responder rapidamente à entrada da biomassa vegetal, originada da vegetação que o recobre (Furley, 1992). As alterações da textura edáfica necessitariam, possivelmente, de um período de tempo maior que o intervalo analisado neste estudo, para que pudessem sofrer alterações significativas, que ocorrerem pela ação conjunta de fatores, e.g., influência biótica, intemperismo climático, tipo de rocha de origem (Furley & Newey, 1983).

4.3. RESULTADOS

A distribuição das duas fisionomias nos diferentes anos, representados nos mapas que resultaram da análise estereoscópica das fotografias aéreas da área de estudo, indicou um padrão de contínua expansão do cerradão, com a concomitante retração da fisionomia definida como cerrado *s.s.* Essa expansão ocorreu desde o primeiro ano analisado, em 1962 (Figura 1).

A partir da comparação de imagens sequenciais nos mapas de distribuição e as áreas ocupadas pelas fisionomias foi possível definir intervalos de tempo onde ocorreram, possivelmente, períodos de maior ou menor expansão do cerradão (Tabela 1).

Tabela 1 – Variação da cobertura das duas fisionomias savânicas encontradas em remanescente localizado em Corumbataí, SP, em diferentes anos, em porcentagem, em um período de 43 anos sem incêndios.

	1962	1972	1978	1988	1995	2000	2005
cerrado s.s.	89	77	66	35	29	23	8
cerradão	11	23	34	65	71	77	92

Ao serem comparados períodos com intervalos de igual duração (dez anos), e.g., entre 1962-1972 e 1978-1988, foi possível identificar diferenças na intensidade de expansão do cerradão por áreas ocupadas pelo cerrado s.s. A taxa de expansão do cerradão foi maior no intervalo entre 1962-1972, quando comparada ao intervalo 1978-1988, respectivamente, 10,1 e 8,9. As taxas de expansão do cerradão entre os intervalos 1995-2000 e 2000-2005, ambos com 5 anos, também foram distintas. Os valores foram, respectivamente, 0,9 e 1,8.

Tabela 2 – Taxas de variações da área ocupada pelo cerradão, no fragmento savânico em Corumbataí, em diferentes períodos, em 43 anos de supressão de incêndios.

	1962-1972	1972-1978	1978-1988	1988-1995	1995-2000	2000-2005
duração em anos	10	6	10	7	5	5
cerradão	10,1	8,2	8,9	0,9	0,9	1,8

Os mapas isopléticos, resultantes da krigagem ordinária, basearam-se nos resultados das análises edáficas do material coletado nos pontos indicados pela figura 3, e indicaram uma possível relação entre a variação da textura edáfica e a expansão da fisionomia florestal savânica (Figura 2). A expansão do cerradão foi coincidente com a ocorrência de componentes da textura edáfica, definidos como possuidores de maior capacidade de retenção hídrica, e.g., argila e areia fina. Contudo, o cerradão iniciou a ocupação de uma área onde predomina a textura areia grossa, como é possível notar no mapa de 1972 (Figura 1), no limite sudeste do fragmento estudado (Figura 2). A referida expansão, entretanto, não foi tão intensa como a demonstrada, pela mesma fisionomia, no lado oeste do fragmento, área onde a krigagem indicou o predomínio de texturas mais finas, i.e., argila e areia fina. Na região central do fragmento foram encontradas altas porcentagens de silte. Coincidentemente, essa área do fragmento foi intensamente ocupada entre 1972 e 1988 pelo cerradão (Figura 1).

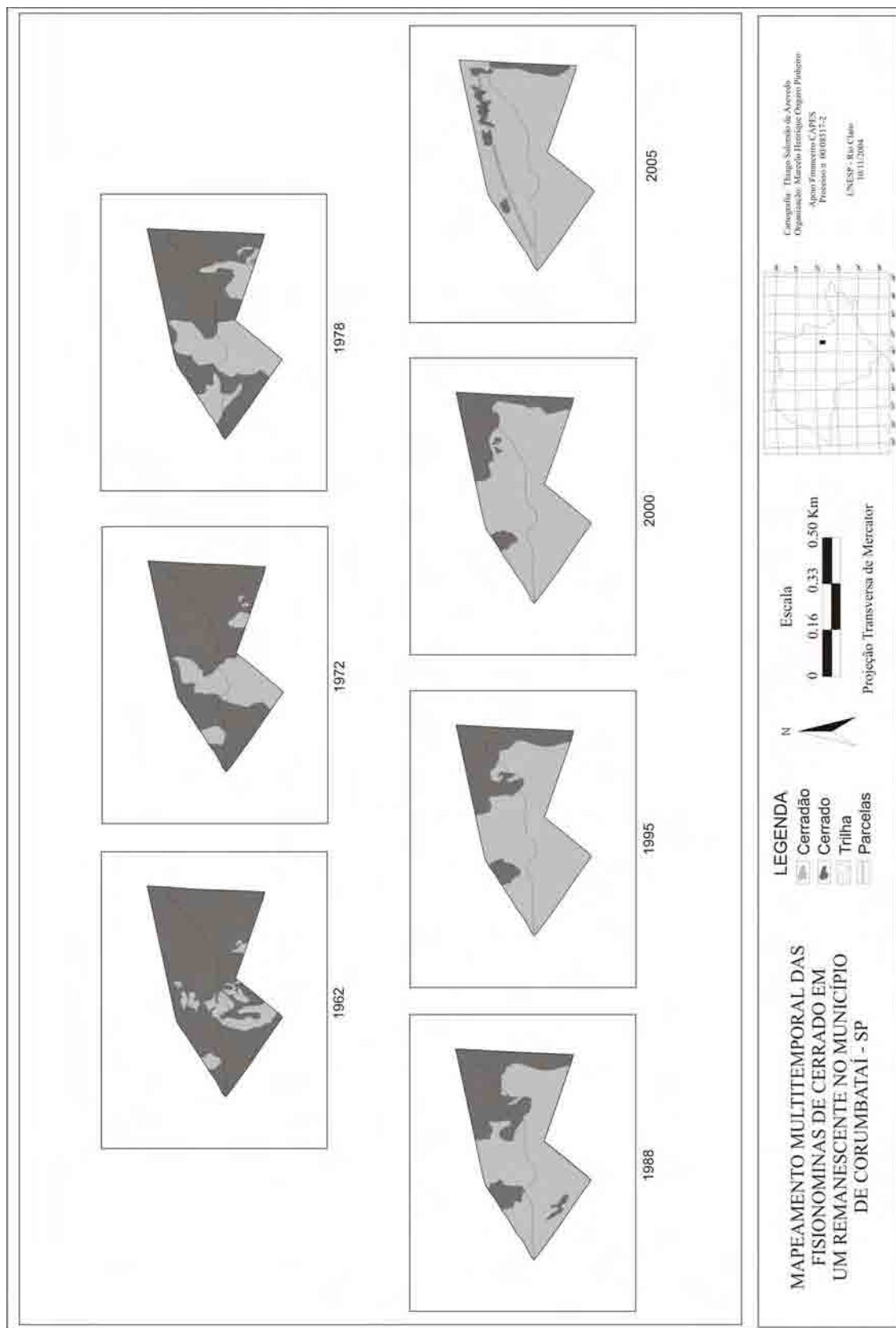


Figura 1 - Variação espaço-temporal da ocupação do cerrado no fragmento de cerrado estudado em Corumbatai; período de 43 anos de supressão de incêndios

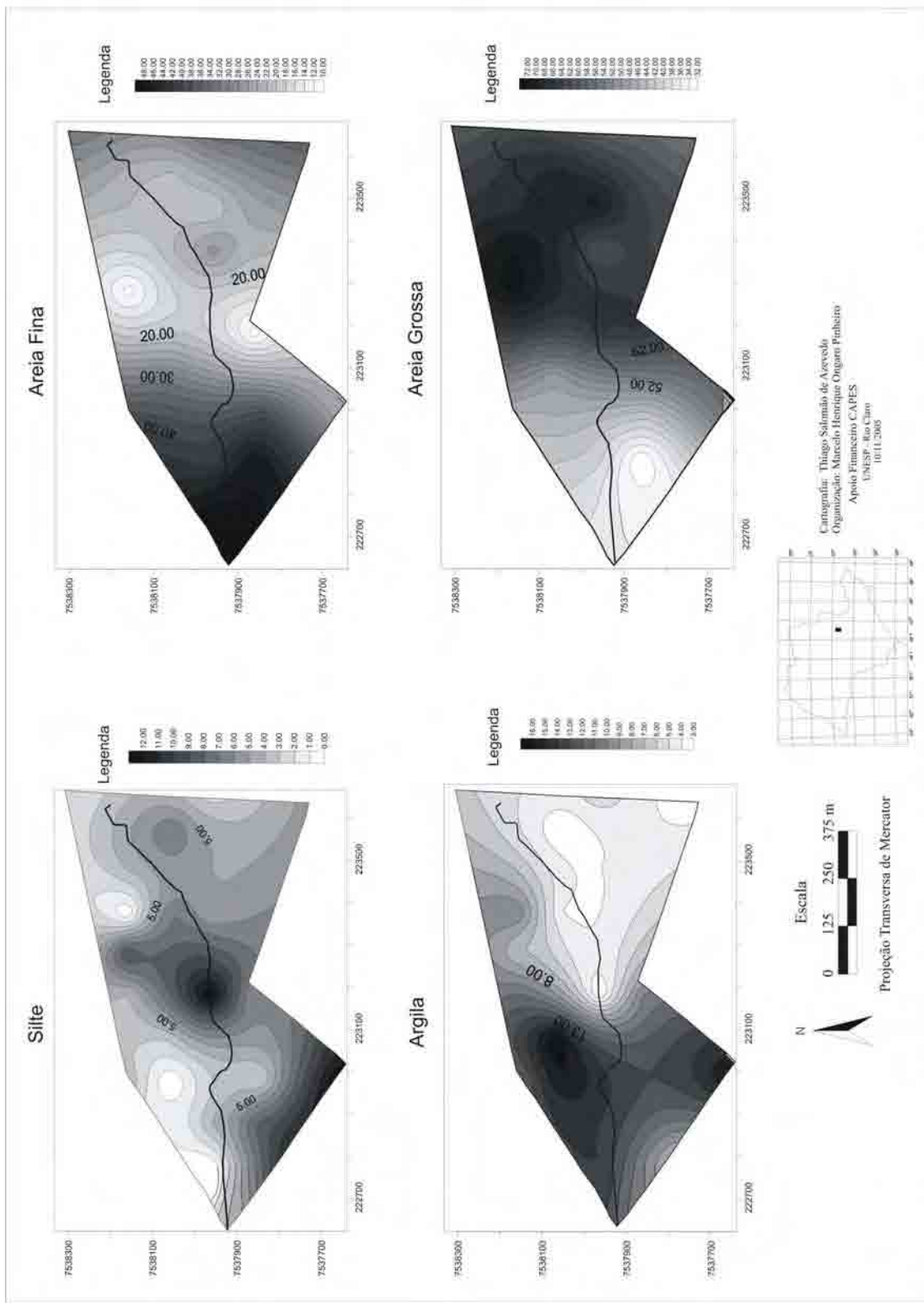


Figura 2 - Mapas isopléticos, obtidos através da krigagem ordinária, com a distribuição das porcentagens dos componentes da textura edáfica no cerrado de Corumbatai.

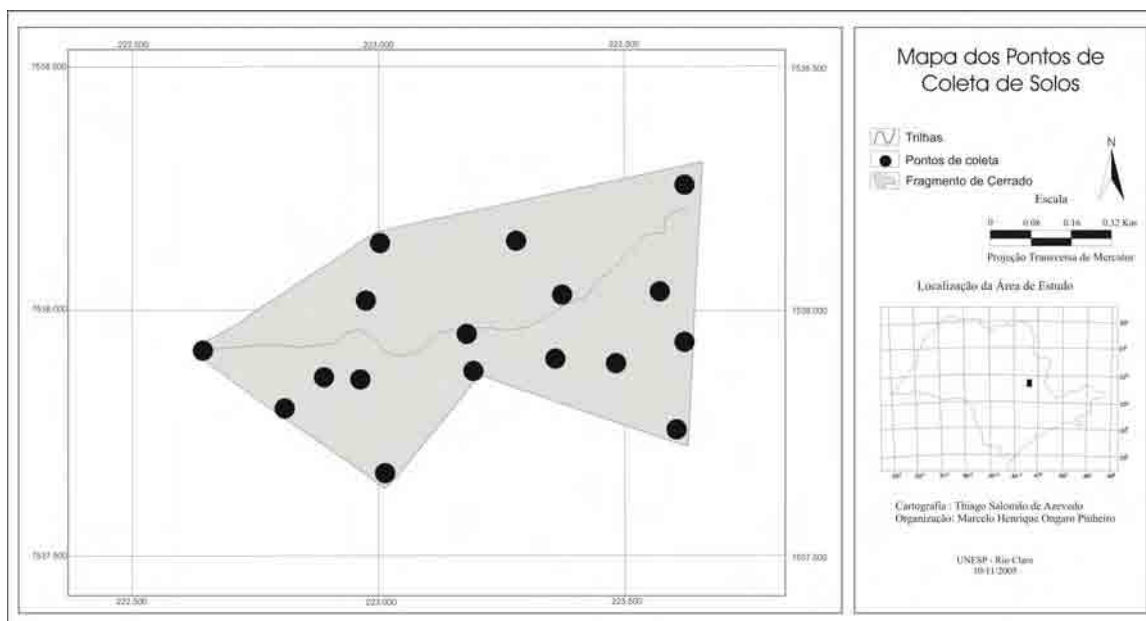


Figura 3 – Localização dos pontos de coleta de solo no fragmento de cerrado em Corumbataí, Estado de São Paulo.

4.4. DISCUSSÃO

A seqüência de imagens com as distribuições das duas fisionomias em diferentes anos, ao longo dos 43 anos de supressão do fogo no cerrado de Corumbataí, mostrou a expansão do cerradão por áreas antes ocupadas pelo cerrado *s.s.* (Figura 1). Essa expansão foi coerente com informações encontradas em diferentes trabalhos que mencionaram o adensamento da vegetação na ausência de incêndios, após a ocupação de fisionomias savânicas mais abertas por formações com características florestais, ocorrendo alterações estruturais e florísticas locais (Coutinho, 1990; Hopkins, 1992; Ratter, 1992; Hoffmann, 2000; Moreira, 2000; Henriques & Hay, 2002; Durigan & Ratter, 2005). Mas para Haridasan (1992), generalizações desse fenômeno deveriam ser encaradas com certa cautela, pelo fato de a simples ausência de incêndios, em uma área ocupada por fisionomias savânicas menos densas, e.g. campo sujo, não representar uma garantia do início de uma sucessão secundária, que culminaria com a ocupação desse local pelo cerradão. Segundo esse autor, solos savânicos distróficos, e.g., não permitiriam o adensamento de fisionomias savânicas, na transição de cerrado *stricto sensu* para cerradão, através de sucessão, pelo fato de grandes quantidades de nutrientes edáficos serem necessários para o aumento da biomassa local. Todavia, os resultados das análises químicas edáficas do fragmento de cerrado de Corumbataí, apresentados no

capítulo 3, definem esse solo, segundo critérios encontrados em Resende et al. (1988), como distrófico. Portanto, mesmo a afirmação de Haridasan (1992), apresentada acima, deve ser encarada com reservas, o que mostra a necessidade de mais estudos sobre esse tópico.

Comparações entre as descrições das fisionomias presentes no cerrado de Corumbataí décadas atrás (Camargo & Arens, 1967; Piccolo et al., 1971), com a descrição atual, forneceram informações que confirmam o processo de expansão do cerradão, na ausência do fogo, combinado a alterações estruturais e florísticas. Tanto Camargo & Arens (1967) como Piccolo et al. (1971) mencionaram em seus trabalhos a existência da fisionomia savânica definida como campo limpo no fragmento de cerrado de Corumbataí. Piccolo et al. (1971) também descreveram o cerrado *s.s.* como uma fisionomia que variava de mais a menos densa. No presente estudo, considerando especialmente as fotografias aéreas de 1962 e 1972, a fisionomia campo limpo não pôde ser encontrada, sendo identificadas apenas as fisionomias cerradão e cerrado *s.s.* Embora a menção de campo limpo por Camargo & Arens (1967) e Piccolo et al. (1971) possa indicar uma contradição de alguns dos mapas apresentados no presente estudo, especialmente dos de 1962 e 1972, mapas que ilustraram a evolução da ocupação do cerradão na área de estudo (Figura1), é possível que esses autores tenham cometido equívocos na definição da fisionomia campo limpo. Assim, Camargo & Arens (1967) descreveram parcialmente a composição do campo limpo em Corumbataí, mencionando *Dimorphandra mollis* Benth. e *Ouratea spectabilis* (Mart. ex Engl.) Engl., além de espécies pertencentes aos gêneros *Bauhinia* L., *Campomanesia* Ruiz & Pav., *Kielmeyera* Mart. & Zucc. e *Stryphnodendron* Mart., gêneros com predomínio de espécies arbustivo-arbóreas. Portanto, essa fisionomia não poderia ter sido caracterizada como um campo limpo, segundo a classificação apresentada por Eiten (1977) e o trabalho de Oliveira Filho & Ratter (2002), a menos que os indivíduos dessas espécies arbustivo-arbóreas, naquela época, apresentassem pequeno porte, e estivessem abaixo dos vegetais herbáceos, sendo encobertos por eles (Eiten, 1977), o que poderia ser percebido pela interpretação das fotografias aéreas daquele período, utilizada no presente trabalho. Além disso, o cerrado *s.s.* menos denso, mencionado por Camargo & Arens (1967), foi localizado por eles em área contínua ao do suposto campo limpo. Naquela época, poderia ter ocorrido uma variação sutil entre as fisionomias cerrado *s.s.* e um provável campo cerrado.

A ocorrência de espécies consideradas sensíveis ao fogo, no cerrado de Corumbataí, e.g. *Calyptanthus clusiaefolia* (Miq.) O. Berg (Myrtaceae), *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez (Lauraceae) e *Palicourea macgravii* St. Hil. (Rubiaceae), como foi mencionado no capítulo 3, mostrou coerência com os resultados apresentados em trabalhos similares (Moreira, 2000; Durigan & Ratter, 2005). Algumas dessas espécies puderam ser definidas como florestais, ou como componentes de matas ciliares encontradas no bioma cerrado, e.g. *Amaioua guianensis* Aubl. (Rubiaceae), *Croton floribundus* Spreng. (Euphorbiaceae), *Miconia chartacea* Triana (Melastomataceae) e *Trichilia hirta* L. (Meliaceae). A ocupação do fragmento estudado por espécies sensíveis ao fogo, intensificada, provavelmente, a partir da supressão de incêndios, combinada com o aumento dessas populações, bem como de populações arbóreas generalistas, e.g. *Copaifera langsdorffii* Desf. (Caesalpiniaceae), possivelmente representam o principal mecanismo atuante na expansão do cerradão em áreas anteriormente ocupadas pelo cerrado *s.s.*, no fragmento de Corumbataí, ao longo do período analisado.

É possível ainda inferir, a partir das imagens fornecidas pela krigagem ordinária, que mostraram a provável distribuição dos componentes da textura edáfica (Figura 2), como essa característica de solo poderia ter influenciado na expansão do cerradão em áreas antes ocupadas pelo cerrado *s.s.* A maior capacidade em reter água pelas texturas mais finas, i.e., argila, areia fina e silte, possivelmente atuou como elemento facilitador para a expansão do cerradão, na ausência de incêndios. E, embora tenha sido notada a ocupação do cerradão em uma área ao sudeste do fragmento, onde predomina areia grossa (Figura 2), como pode ser observada na imagem do fragmento em 1962. Todavia, em imagens de anos subsequentes, parece que sua expansão foi menos intensa, quando comparada ao que ocorreu em locais onde predominam texturas mais finas (Figura 1).

A expansão do cerradão, aparentemente mais intensa em alguns dos períodos analisados, e.g., nos dez anos, entre 1962-1972, quando comparado ao período de 1978-1988 (Tabela 2), pode também ser o resultado de influências climáticas, especificamente por diferenças na precipitação entre esses intervalos de 10 anos. O estudo de uma possível influência climática poderá ser realizada em um trabalho posterior, envolvendo análises de correlação entre as variações das áreas ocupadas pelas duas fisionomias, nos diferentes anos, e os valores das precipitações, dos respectivos períodos. Os resultados poderão fornecer informações sobre a importância da influência

climática, na ausência do fator fogo, para a expansão de formações florestais e fisionomias savânicas mais densas nos cerrados brasileiros, um fenômeno similar ao descrito em diferentes regiões do mundo (Bowman et al., 2001; Fensham et al., 2003; Scanlon et al., 2005).

A não concordância entre autores, sobre as conseqüências, para o cerrado, da supressão do fator fogo, como foi mencionado na introdução deste trabalho, ainda guarda informações e dúvidas interessantes, expostas neste parágrafo. Os remanescentes de cerrado, mencionados por Rizzini (1976) como exemplo de áreas savânicas que não sofrem maiores alterações na ausência do fogo, como a Estação Experimental de Emas, em Pirassununga, Estado de São Paulo, e o Horto Florestal de Paraopeba, no município de mesmo nome, no Estado de Minas Gerais, foram os mesmos remanescentes citados por Coutinho (1990) como exemplos de remanescentes savânicos menos densos, que, ao contrário do mencionado por aquele autor, teriam sofrido alterações florísticas e estruturais, após longos períodos de supressão de incêndios. Essas alterações, segundo Coutinho, teriam culminado com a ocupação desses remanescentes pelo cerradão, informação corroborada pelo registro de Delitti et al. (2001), em trabalho desenvolvido no próprio cerrado de Emas, e por trabalhos desenvolvidos em áreas savânicas em diferentes partes do país (Toledo Filho et al., 1989; Ratter, 1992; Moreira, 2000; Henriques & Hay, 2002; Durigan & Ratter, 2005).

A partir dessas informações, uma indagação deve ser feita: estaria o aparente equívoco, cometido por Rizzini (1976), relacionado ao menor período de tempo transcorrido, desde o início de suas observações, quando comparado ao montante das observações de Coutinho (1990)? Rizzini (1976) havia mencionado 35 anos para suas observações no cerrado de Emas, enquanto que Coutinho (1990) afirmou que, após 43 anos de proteção de Emas contra o fogo, o campo sujo teria dado lugar a um cerradão. Oito anos, entre as observações de ambos os autores, teria sido suficiente para a drástica alteração da fisionomia savânica em Emas, de um campo culminando em um cerradão, como observou Coutinho (1990)? Como foi mencionado anteriormente, períodos de maior precipitação, combinados à ausência de incêndios, poderiam ter propiciado a ocupação de Emas por espécies encontradas no cerradão, e uma acentuada expansão, posteriormente, como também foi observado em formações savânicas em diferentes regiões do mundo (Hopkins, 1992; Jeltsch et al., 2000; Sternberg, 2001; Fensham et al. 2003; Sankaran et al., 2005). As afirmações de Coutinho (1990), apresentadas acima, acabam por receber total apoio, diante dos relatos de origens tão diversas, assim como

dos resultados do presente trabalho, permanecendo ainda a dúvida sobre os motivos que levaram Rizzini (1976) ao equivoco.

Outro aspecto não menos importante para as alterações das áreas ocupadas pelo cerrado *s.s.* e cerradão no fragmento de Corumbataí, ao longo dos 43 anos analisados, é a possível influência de microambientes, originados a partir do estabelecimento e expansão do cerradão. Se o acúmulo de matéria orgânica edáfica atua, e.g., no aumento a eficiência da retenção de água pelo solo (Daubenmire, 1974; Barnes et al., 1997), e para o estabelecimento e desenvolvimento de plântulas de diferentes populações (Richards, 1983; Svenning, 2001; Santos & Válio, 2002), o incremento na produção e decomposição de serapilheira, em áreas ocupadas pelo cerradão, de maneira similar ao mencionado no capítulo 2, pode ter atuado de maneira sinérgica para o sucesso da ocupação do fragmento savânico de Corumbataí pelo cerradão, ao longo de décadas de ausência do fator fogo.

4.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, R.I., FEARNSIDE, P.M. 2005. Fire frequency and area burned in the Roraima savannas of Brazilian Amazonian. **Forest Ecology and Management**. 204(2/3): 371-384.
- BARNES, B.V., ZAK, D.R., DENTON, S.R., SPURR, S.H. 1997. **Forest ecology**. New York: John Wiley & Sons. 774p.
- BIDDULPH, J., KELLMAN, M. 1998. Fuels and fire at savanna-gallery forest boundaries in southeastern Venezuela. **Journal of Tropical Ecology**. 14(4): 445-461.
- BOWMAN, D.M.J.S., WALSH, A., MILNET, D.J. 2001. Forest expansion and grassland contraction within a *Eucalyptus* savanna between 1941 and 1994 at Litchfield National Park in the Australian monsoon tropics. **Global Ecology & Biogeography**. 10(5): 535-548.
- CAMARGO, P.N.; ARENS, K. 1967. Observações sobre uma reserva de cerrado. **Revista de Agricultura**. 42: 3-9.
- CLARK, D.B., CLARK, D.A., READ, J.M. 1998. Edaphic variation and the mesoscale distribution of tree species in a neotropical rain forest. **Journal of Ecology**. 86(1): 101-112.

- COUTINHO, L.M. 1990. Fire in the ecology of the Brazilian cerrado. In: Goldammer, J.G. (ed.). **Fire in the tropical biota**. Berlin: Springer-Verlag. p. 81-105.
- COUTINHO, L.M. 2002. O bioma cerrado. In: KLEIN, A.L. (org.). **Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois**. São Paulo: Editora UNESP, Imprensa Oficial do Estado. p. 77-91.
- DAUBENMIRE, R.F. 1974. **Plants and environment: a textbook of plant autoecology**. New York: John Wiley & Sons. 422p.
- DELITTI, W.B.C., PAUSAS, J.G., BURGER, D.M. 2001. Belowground biomass seasonal variation in two Neotropical savannahs (Brazilian cerrados) with different fire histories. **Annals of Forest Science** 58: 713-721.
- DURIGAN, G., RATTER, J.A. 2005. Notes on successional changes in cerrado and cerrado-forest ecotonal vegetation in western São Paulo State, Brazil, 1962-2000. **Edinburgh Journal of Botany** (No prelo).
- DURIGAN, G., LEITÃO FILHO, H.F., RODRIGUES, R.R. 1994. Phytosociology and structure of a frequently burnt cerrado vegetation in SE-Brazil. **Flora**. 189: 153-160.
- EITEN, G. 1977. Delimitação do conceito de cerrado. **Arquivos do Jardim Botânico**. 21: 125-134.
- EITEN, G. 1983. **Classificação da vegetação do Brasil**. Brasília: CNPq. 305p.
- FENSHAM, R.J., FAIRFAX, R.J., BUTLER, D.W., BOWMAN, D.M.J.S. 2003. Effects of fire and drought in a tropical eucalypt savanna colonized by rain forest. **Journal of Biogeography**. 30(9): 1405-1414.
- FURLEY, P.A. 1992. Edaphic changes at the forest-savanna boundary with particular reference to the neotropics. In: FURLEY, P.A.; PROCTOR, J.; RATTER, J.A. (ed.). **Nature and dynamics of forest-savanna boundaries**. London: Chapman & Hall. p. 91-117.
- FURLEY, P.A., NEWBY, W.W. 1983. **Geography of the biosphere: an introduction to the nature, distribution and evolution of the world's life zones**. London: Butterworths. 413p.
- GREIG-SMITH, P. 1991. Pattern in a derived savanna in Nigeria. **Journal of Tropical Ecology**. 7(4): 491-502.
- GRUSHECKY, S.T.; FAJVAN, M.A. 1999. Comparison of hardwood stand structure after partial harvesting using intensive canopy maps and geostatistics techniques. **Forest Ecology and Management**. 114(2/3): 421-432.

- GUILHERME, F.A.G., OLIVEIRA-FILHO, A. T., APPOLINÁRIO, V., BEARZOTI, E. 2004. Effects of flooding regime and woody bamboos on tree community dynamics in a section of tropical semideciduous forest in South-Eastern Brazil. **Plant Ecology**. 174(1): 19–36.
- HARCOMBE, P.A., GREENE, S.E., KRAMER, M.G., ACKER, S.A., SPIES, T.A., VALENTINE, T. 2004. The influence of fire and windthrow dynamics on a coastal spruce-hemlock forest in Oregon, USA, based on aerial photographs spanning 40 years. **Forest Ecology and Management**. 194(1/3): 71-82.
- HARIDASAN, M. 1992. Observations on soils, foliar nutrient concentrations and floristic composition of cerrado sensu stricto and cerradão communities in central Brazil. In: FURLEY, P.A.; PROCTOR, J.; RATTER, J.A. (ed.). **Nature and dynamics of forest-savanna boundaries**. London: Chapman & Hall. pp. 171-184.
- HENRIQUES, R.P.B., HAY, J.D. 2002. Patterns and dynamics of plant populations. In: OLIVEIRA, P.S., MARQUIS, R.J. (eds). **The cerrados of Brazil**. New York: Columbia University Press. p. 140-158.
- HOFFMAN, W.A. 1999. Fire and population dynamics of woody plants in a neotropical savanna: matrix model projections. **Ecology**. 80(4): 134-1369.
- HOFFMAN, W.A. 2000. Post-establishment seedling success in the Brazilian cerradão: a comparison of savanna and forest species. **Biotropica**. 32(1): 62-69.
- HOFFMAN, W.A., MOREIRA, A.G. 2002. The role of fire in population dynamics of woody plants. In: OLIVEIRA, P.S., MARQUIS, R.J. (eds). **The cerrados of Brazil**. New York: Columbia University Press. p. 159-177.
- HOPKINS, B. 1992. Ecological process at the forest-savanna boundary. In: FURLEY, P.A.; PROCTOR, J.; RATTER, J.A. (ed.). **Nature and dynamics of forest-savanna boundaries**. London: Chapman & Hall. pp. 21-33.
- IVANAUSKAS, N.M., MONTEIRO, R., RODRIGUES, R.R. 2003. Alterations following a fire in a forest community of Alto Rio Xingu. **Forest Ecology and Management**. 184(1/3): 239-250.
- JELTSCH, F., WEBER, G.E., GRIMM, V. 2000. Ecological buffering mechanisms in savannas: a unifying theory of long-term tree-grass coexistence. **Plant Ecology**. 161(2): 161-171.
- KAUFFMAN, J.B., CUMMINGS, D.L., WARD, D.E. 1994. Relationships of the fire, biomass and nutrient dynamics along a vegetation gradient in the Brazilian cerrado. **Journal of Ecology**. 82(3): 519-531.

- KÖHL, M., GERTNER, G. 1997. Geostatistics in evaluating forest damage surveys: considerations on methods for describing spatial distributions. **Forest Ecology and Management**. 95(2): 131-140.
- LACLAU, J.P., SAMA-POMBA, W., NZLA, J.D., BOUILLET, J.P., RANGER, J. 2002. Biomass and nutrient dynamics in a littoral savanna subjected to annual fires in Congo. **Acta Oecologica**. 23(1): 41-50.
- LANDIM, P.M.B. 2003. Análise estatística de dados geológicos. São Paulo: Editora UNESP. 253p.
- LINDENMAYER, D.B., MACKEY, B.G., MULLEN, I.C., McCARTHY, M.A., GILL, A.M., CUNNINGHAM, R.B., DONNELLY, C.F. 1999. Factors affecting stand structure in forests – are there climatic and topographic determinants? **Forest Ecology and Management**. 123(1): 55-63.
- MIYAMOTO, K., SUZUKI, E., KOHYAMA, T., SEINO, T., MIRMANTO, E., SIMBOLON, H. 2003. Habitat differentiation among tree species with small-scale variation of humus depth and topography in a tropical heath forest of central Kalimantan, Indonesia. **Journal of Tropical Ecology**. 19(1): 43-54.
- MOREIRA, A. 2000. Effects of fire protection on savanna structure in Central Brazil. **Journal of Biogeography**. 27(4): 1021-1029.
- NANOS, N., CALAMA, R., MONTEIRO, G., GIL, L. 2004. Geostatistical prediction of height/diameter models. **Forest Ecology and Management**. 195(1/2): 221-235.
- OLIVEIRA FILHO, A.T., RATTER, J. A. 2002. Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. In: OLIVEIRA, P.S., MARQUIS, R.J. (eds.). **The cerrados of Brazil**. New York: Columbia University Press. p. 91-120.
- OLIVEIRA FILHO, A.T., VILELA, E.A., CARVALHO, D.A., GAVILANES, M.L. 1994. Effects of soil and topography on the distribution of tree species in a tropical riverine forest in south-eastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**. 10(4): 483-508.
- PICCOLO, A.L.G., THAMAZINI, L.I., MASSA, C.S., CESAR, O., PAGANO, S.N., MORAES, J.A.P.V., AMARAL, H. 1971. Aspecto fitossociológico de uma reserva de cerrado. **Revista de Agricultura**. 46: 81-92.
- QUESADA, C.A., MIRANDA, A.C., HODNETT, M.G., SANTOS, A.J.B., MIRANDA, H.S., BREYER, L.M. 2004. Seasonal and depth variation of soil moisture in a burned open savanna (campo sujo) in central Brazil. **Ecological Applications**. 14(4): S33-S41.

- RATTER, J.A. 1992. Transitions between cerrado and forest vegetation in Brazil. In: FURLEY, P.A.; PROCTOR, J.; RATTER, J.A. (ed.). **Nature and dynamics of forest-savanna boundaries**. London: Chapman & Hall. p. 417-429.
- RESENDE, M.; CURTI, N.; SANTANA, D.P. 1988. **Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações**. Brasília: Ministério da Educação, Escola Superior de Agricultura de Lavras, Associação Brasileira para Cultura da Potassa e do Fósforo. 83p.
- RIBEIRO, L.F., TABARELLI, M. 2002. A structural gradient in cerrado vegetation of Brazil: changes in woody plant density, species richness, life and plant composition. **Journal of Tropical Ecology**. 18(5): 775-794.
- RICHARDS, P.W. 1983. The three-dimensional structure of tropical rain forest. In: SUTTON, S.L., WHITMORE, T.C., CHADWICK, A.C. (eds.). **Tropical rain forest: ecology and management**. Special publication number of the British Ecological Society. Oxford: Blackwell Scientific Publications. p. 3-10.
- RIZZINI, C.T. 1976. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos**. São Paulo: HUCITEC, EDUSP. 297p.
- ROBERTS, S.J. 2001. Tropical fire ecology. **Progress in Physical Geography**. 25(2): 286-291.
- ROBERTSON, G.P. 1987. Geostatistics I ecology: interpolating with known variance. **Ecology**. 68(3): 744-748.
- SANKARAN, M., HANAN, N.P., SCHOLLES, R.J., RATNAM, J., AUGUSTINE, D.J., CADE, B.S., GIGNOUX, J., HIGGINS, S.I., ROUX, X., LUDWIG, F., ARDO, J., BANYIKWA, F., BRONN, A., BUCINI, G., CAYLOR, K.K., COUGHENOUR, M.B., DIOUF, A., EKAYA, W., FERAL, E.C., FROST, P.G.H., HIERNAUX, P., HRABAR, H., METZGER, K.L., PRINS, H.H., RINGROSE, S., SEA, W., TEWS, J., WORDEN, J., ZAMBATIS, N. 2005. Determinants of woody cover in Africa savannas. **Nature**. 438(8): 846-849.
- SÃO PAULO. 1979a. **Carta Corumbataí I**. Escala 1:10.000. São Paulo: Instituto Geográfico e Cartográfico.
- SÃO PAULO. 1979b. **Carta Fazenda da Toca**. Escala 1:10.000. São Paulo: Instituto Geográfico e Cartográfico.
- SANTOS, S.L., VÁLIO, I.F.M. 2002. Litter accumulation and its effect on seedling recruitment in a Southeast Brazilian tropical forest. **Revista Brasileira de Botânica**. 25(1):89-92.

- SCANLON, T.M., CAYLOR, K.K., MANFREDA, S., LEVIN, S.A., RODRIGUEZ-ITURBE, I. 2005. Dynamic response of grass cover to rainfall variability: implications for the function and persistence of savanna ecosystems. **Advances in Water Resources**. 28(3): 291-302.
- SOLLINS, P. 1998. Factors influencing species composition in tropical lowland rain forest: does soil matter? **Ecology**. 79(1): 23-30.
- STERNBERG, L.S.L. 2001. Savanna-forest hysteresis in the tropics. **Global Ecology & Biogeography**. 10(4): 369-378.
- STURARO, J.R., LANDIM, P.M.B., RIEDEL, P.S. 2000. O emprego da técnica geoestatística da krigagem indicativa em geologia ambiental. **Solos e Rochas**. 23(3): 157-164.
- SVENNING, J.C. 2001. On the role of microenvironmental heterogeneity in the ecology and diversification of neotropical rain-forest palms (Arecaceae). **The Botanical Review**. 67(1): 1-53.
- TOLEDO FILHO, D.V., LEITÃO FILHO, H.F., SHEPHERD, G.J. 1989. Estrutura fitossociológica da vegetação de cerrado em Moji-Mirim (SP). **Revista do Instituto Florestal**. 1(2): 1-12.
- TOWNSEND, S.A., DOUGLAS, M.M. 2004. The effect of a wildfire on stream water quality and catchment water yield in a tropical savanna excluded from fire for 10 years (Kakadu National Park, North Australia). **Water Research**. 38(13): 3051-3058.
- USHIMA, T.M., BERNARDI, J.V.E., LANDIM, P.M.B. 2003. Estudo da distribuição espacial do angico (*Anadenanthera peregrine*) na Floresta Estadual “Edmundo Navarro de Andrade” – Rio Claro, Sp, Brasil, empregando metodologia geoestatística. **Holos**. 3(1): 59-73.
- WILSON, B.G., WITKOWSKI, E.T.F. 2003. Seed banks, bark thickness and change in age and size structure (1978-1999) of the African savanna tree, *Burkea africana*. **Plant Ecology**. 167(1): 151-162.
- ZEILHOFER, P., SCHESSL, M. 1999. Relationship between vegetation and environmental conditions in the northern Pantanal of Mato Grosso, Brazil. **Journal of Biogeography**. 27(1): 159–168.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fragmento de cerrado estudado no município de Corumbataí forneceu algumas informações que poderão contribuir para o entendimento das possíveis conseqüências da prolongada exclusão do fator fogo, para remanescentes savânicos isolados.

A ocorrência de um gradiente topográfico, definido por uma diferença de 70 m, não exerceu qualquer conseqüência perceptível sobre a distribuição, estrutura e composição das duas fisionomias, i.e. cerrado *s.s.* e cerradão, atualmente presentes no fragmento savânico estudado. O mesmo não pôde ser dito da influência exercida pela textura edáfica, i.e., de seus componentes areia grossa, areia fina, argila e silte que, nas análises sobre diferenças na composição e estrutura, apresentadas no capítulo 3, e sobre a variação espaço-temporal na distribuição das duas fisionomias, como foi descrita no capítulo 4.

Outro fator, contudo, deve ser considerado na definição de diferenças entre as fisionomias savânicas estudadas, como foi mencionado acima. A maior produção de serapilheira pelo cerradão, discutida no capítulo 2, pode ter definido a ocorrência de microambientes favoráveis para o estabelecimento e desenvolvimento de plântulas de determinados grupos de espécies vegetais, especialmente as sensíveis ao fogo, possivelmente trazidas pela avifauna de remanescentes florestais próximos. Essas espécies, na ausência do fogo, passaram a ocupar o cerrado de Corumbataí e, lentamente, alteraram as características fisionômicas do fragmento ao longo de décadas.

Diante dos resultados apresentados, o uso do fogo periódico deve ser considerado como um importante recurso no manejo de áreas savânicas no Brasil, relacionando-se à origem sucessional do cerrado *sensu lato*. E como foi mencionado no capítulo 1, tal mecanismo pode definir as características da vegetação savânica. Todavia, mais estudos devem ser desenvolvidos para que, com maior segurança, possam ser definidas as características dos remanescentes que necessitariam de manejo baseado na utilização do fogo, a periodicidade dos incêndios, conseqüências para a fauna, os meses mais propícios, reações de remanescentes a diferentes intensidades de incêndios e, formas de controle do fogo em áreas de cerrado.

Para o fragmento de cerrado em Corumbataí, entretanto, o retorno de incêndios periódicos provavelmente não devolverá as características florísticas e estruturais anteriores, devido ao prolongado período de supressão ao fogo e de

isolamento da matriz savânica. No caso desse fragmento, é dada a sugestão para que a proteção contra incêndios possa perdurar, e que pesquisas posteriores possam ser conduzidas na tentativa de responder, entre outras hipóteses, a da troca de fitocenose, na qual estaria prevista a ocupação, pelo menos em boa parte do fragmento estudado, por uma formação florestal com características florísticas e estruturais similares às encontradas nas florestas estacionais semidecíduais, localizadas nas encostas próximas das Cuestas. E que diferenças na capacidade de retenção hídrica do solo em diferentes áreas do fragmento de cerrado de Corumbataí podem ter sido decisivas na definição de diferenças florísticas, estruturais e na distribuição das duas fisionomias.