

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**O CERRADO SENTIDO RESTRITO SOBRE DOIS
SUBSTRATOS NO BRASIL CENTRAL: PADRÕES DA
FLORA LENHOSA E CORRELAÇÕES COM VARIÁVEIS
GEOEDAFOLIMÁTICAS**

HENRIQUE AUGUSTO MEWS

**ORIENTADOR: JOSÉ ROBERTO RODRIGUES PINTO
COORIENTADOR: PEDRO VASCONCELLOS EISENLOHR**

TESE DE DOUTORADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

**PUBLICAÇÃO: PPG/EFL. TD. 032/2014
BRASÍLIA/DF, FEVEREIRO DE 2014**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**O CERRADO SENTIDO RESTRITO SOBRE DOIS SUBSTRATOS NO
BRASIL CENTRAL: PADRÕES DA FLORA LENHOSA E
CORRELAÇÕES COM VARIÁVEIS GEOEDAFOLIMÁTICAS**

HENRIQUE AUGUSTO MEWS

**TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM CIÊNCIAS FLORESTAIS DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO
REQUISITO PARCIAL À OBTENÇÃO DO TÍTULO DE DOUTOR EM CIÊNCIAS
FLORESTAIS (HABILITAÇÃO EM CONSERVAÇÃO DA NATUREZA).**

APROVADA POR:

**Dr. José Roberto Rodrigues Pinto (Departamento de Engenharia Florestal - UnB)
(Orientador)**

**Dr. Manoel Cláudio da Silva Júnior (Departamento de Engenharia Florestal - UnB)
(Examinador interno)**

**Dra. Cássia Beatriz Rodrigues Munhoz (Departamento de Botânica - UnB)
(Examinador externo)**

**Dr. Ary Teixeira de Oliveira Filho (Departamento de Botânica - UFMG)
(Examinador externo)**

**Dr. Eddie Lenza de Oliveira (Departamento de Ciências Biológicas - UNEMAT)
(Examinador externo)**

**Dr. John Du Vall Hay (Departamento de Ecologia - UnB)
(Examinador suplente)**

BRASÍLIA/DF, 05 DE FEVEREIRO DE 2014

M611c Mews, Henrique Augusto.
O Cerrado sentido restrito sobre dois substratos no Brasil central : padrões da flora lenhosa e correlações com variáveis geodafoclimáticas / Henrique Augusto Mews. -- 2014.
xi, 78 f. : il. ; 30 cm.

Tese (doutorado) - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, 2014.
Inclui bibliografia.
Orientação: José Roberto Rodrigues Pinto ; Coorientação: Pedro Vasconcellos Eisenlohr.

1. Diversidade biológica. 2. Ecologia dos cerrados.
3. Cerrados - Conservação. 4. Fitogeografia. 5. Savanas.
I. Pinto, José Roberto Rodrigues. II. Eisenlohr, Pedro Vasconcellos. III. Título.

CDU 502.3(81:251)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MEWS, H.A. (2014). O Cerrado sentido restrito sobre dois substratos no Brasil Central: padrões da flora lenhosa e correlações com variáveis geodafoclimáticas. Tese de Doutorado em Ciências Florestais. Publicação PPG/EFL. TD. 032/2014, Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 78 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Henrique Augusto Mews

TÍTULO: O Cerrado sentido restrito sobre dois substratos no Brasil Central: padrões da flora lenhosa e correlações com variáveis geodafoclimáticas.

GRAU: Doutor; ANO: 2014; ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Conservação da Natureza

Concedo à Universidade de Brasília-UnB permissão para reproduzir cópias desta tese de doutorado e para emprestá-las somente para propósitos acadêmicos e científicos. Reservando outros direitos de publicação, de forma que nenhuma parte desta tese de doutorado pode ser reproduzida sem minha autorização por escrito.

Henrique Augusto Mews

Endereço eletrônico: henriquemews@gmail.com

**Aos meus pais,
Elio & Marli.**

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. José Roberto Rodrigues Pinto pela orientação correta e segura, pelo apoio em todas as minhas escolhas, pela dedicação, confiança, pelas conversas, pelos conselhos, pelo respeito, pela amizade e pelo exemplo de conduta profissional.

Ao Prof. Dr. Eddie Lenza de Oliveira pelas conversas e pelas valiosas sugestões desde a concepção das ideias que originaram este trabalho.

Ao Dr. Pedro Vasconcellos Eisenlohr pela coorientação e pela importante contribuição ao meu treinamento com as análises numéricas.

Aos Profs. Drs. Eddie Lenza de Oliveira, Ary T. de Oliveira Filho, Manoel Cláudio da Silva Júnior e John D. V. Hay e à Profa. Dra. Cássia Beatriz R. Munhoz por aceitarem compor a banca avaliadora e pelas críticas e sugestões que certamente melhoraram meu trabalho.

Às pessoas que auxiliaram nas coletas de dados em campo: Alexandre S. Pinto, Alexandro Solórzano, Ana Carolina S. P. Leite, Ana Luiza N. Cerdeira, André Barreto, Antônio F. Dias, Arthur Veiga, Ayuni L. M. Sena, Bárbara O. Bomfim, Bárbara Rodrigues, Beatriz S. Marimon, Ben Hur Marimon Junior, Caio C. Teobaldo, Camila V. Silva, Eddie L. Oliveira, Edmar A. Oliveira, Elisa P. Bruziguessi, Fernanda Coelho, Fernando Dias, Gabriel D. Vale, Gabriel V. Mendonça, Igor A. A. Oliveira, José Roberto R. Pinto, Josenilton Farias, Julianna F. Marocolo, Julio C. Sampaio, Keila L. Sanchez, Leandro M. Santos, Letícia G. Silva, Lívia Helena C. Silveira, Lya M. Araújo, Mariângela F. Abreu, Marcos Gabriel D. Fróes, Olívia B. Costa, Omolabake A. S. Arimoro, Renato N. Lôbo, Suelem M. Leão, Taiana A. Pereira, Taiana Ramidorff, Takumã M. S. Cruz, Tassiana R. R. Santos, Thaís A. Lima, Thiago A. L. Abreu, Vicente Arcela, Vinícius S. Pinheiro, Watson Rodrigues e Welington Z. Silva.

Aos Profs. Drs. Evandro L. M. Machado, Eddie L. de Oliveira e Manoel C. da Silva Júnior pelas sugestões e correções do projeto durante o Exame de Qualificação.

Aos especialistas botânicos Manoel C. da Silva Júnior, Bruno M. T. Walter, Carolyn E. B. Proença, Jair Eustáquio Q. de Faria Júnior, Plauto S. Carvalho, Benedito Alísio S. Pereira e Lucia H. Soares e Silva pelo auxílio na identificação das plantas.

Ao amigo Fabrício A. Leal e ao Prof. Dr. Eraldo A. T. Matricardi pelo auxílio na obtenção das variáveis climáticas e topográficas e pela construção (e inúmeras edições) da figura para descrição das áreas estudadas.

À amiga Tassiana R. R. dos Santos pela valiosa ajuda na conferência do banco de dados e na etapa de organização e identificação do material botânico.

Aos funcionários da secretaria do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Pedro e Chiquinho e à ex-funcionária Alcione pelos esclarecimentos e pela ajuda com tantos documentos.

Aos amigos e às amigas pelas conversas e pelos momentos de descontração e apoio, tão importantes nesse período.

À minha querida namorada Keila pelo carinho, pelo apoio, pela paciência e pela confiança desde o início do doutorado.

Aos meus pais Elio & Marli e às irmãs Carina (Cá) e Cândida (Tita), pelo apoio.

À Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza pelo apoio financeiro aos projetos “Levantamento florístico e fitossociológico da vegetação arbustivo-arbórea e aspectos ecológicos das espécies lenhosas em áreas de cerrados Rupestres do Brasil Central” e “Vegetação arbustivo-arbórea em áreas de Cerrado Rupestre: conhecer para preservar”, os quais resultaram no banco de dados usado nesta tese.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo importantíssimo suporte da bolsa de estudos.

Aos brasileiros, que indiretamente financiaram meus estudos por meio das instituições públicas de ensino.

Às demais pessoas que colaboraram para a realização deste estudo ou para esta etapa de minha formação e que eu, por falta de atenção ou memória, não mencionei aqui.

RESUMO GERAL

O CERRADO SENTIDO RESTRITO SOBRE DOIS SUBSTRATOS NO BRASIL CENTRAL: PADRÕES DA FLORA LENHOSA E CORRELAÇÕES COM VARIÁVEIS GEOEDAFOCIMÁTICAS

No Brasil Central, área *core* do Cerrado, formações savânicas que ocorrem em relevo plano e solos profundos (Cerrado Típico - CT) têm sido largamente convertidas em ecossistemas agropastoris. Por outro lado, formações savânicas em relevo íngreme e solos rasos e com afloramentos de rocha (Cerrado Rupestre - CR) têm sido apontadas como futuros refúgios de biodiversidade na região. Neste estudo, comparamos as composições florística (presença/ausência) e florístico-estrutural (ocorrência e abundância) e a diversidade alfa de espécies lenhosas entre CT e CR (10 amostras de 1 ha em cada) e apontamos as implicações dos nossos achados para a conservação desses ambientes. Adicionalmente, investigamos a relação da variação na composição florístico-estrutural com variáveis geoedafoclimáticas para desvendar as causas desta dissimilaridade. Encontramos que sítios adjacentes de CT e CR diferem em relação à composição florístico-estrutural, mas não em ocorrência e diversidade alfa de espécies. Nossos resultados mostraram também que a dissimilaridade florístico-estrutural está correlacionada com as variáveis geoedafoclimáticas e corresponde, principalmente, às variações nos solos (principalmente disponibilidade de nutrientes) e na topografia (relevo e altitude). Estes resultados têm implicações cruciais à conservação, pois tornam claro que CT e CR são complementares, mas não equivalentes em termos da representatividade da vegetação savânica no Brasil Central. Sugerimos que isso seja considerado em iniciativas de conservação e na criação ou ampliação de Unidades de Conservação. Nossos achados também revelaram que o componente edáfico pode, por si só, explicar a maior parte da variação florístico-estrutural entre ambientes savânicos do Cerrado cujos substratos sejam distintos.

Palavras-chave: Biodiversidade, Conservação, Fitogeografia, Heterogeneidade ambiental, Savanas.

GENERAL ABSTRACT

THE CERRADO *SENSU STRICTO* ON TWO SUBSTRATES IN CENTRAL BRAZIL: PATTERNS OF WOODY FLORA AND CORRELATIONS WITH GEOGRAPHIC, EDAPHIC, AND CLIMATIC VARIABLES

In Central Brazil, *core* portion of the Cerrado, savannic formations on plain relief and with deep soils (Typical Cerrado - CT) have been widely converted into agropastoral ecosystems. In contrast, savannic formations on steep relief with shallow and rocky soils (Rocky Cerrado - CR) have been considered as future biodiversity refuges in the region. In this study, we compared the floristic (presence/absence) and the floristic-structural (occurrence and abundance) composition and alpha diversity of woody species between CT and CR (each with 10 1-ha plots) and highlighted the implications of our findings for conservation these environments. Additionally, we investigated the relationship of variation in floristic-structural composition with edaphic, climatic, and spatial variables to understand the causes of this dissimilarity. We found that adjacent sites of CT and CR differ in floristic-structural composition, but not in occurrence and alpha diversity of species. Our results also showed that floristic-structural dissimilarity is correlated to the edaphic, climatic, and spatial variables and corresponds mainly to variations in soils (mainly nutrient availability) and topography (relief and altitude). These results have crucial implications for conservation because they clarify that CR and CT are complementary, but not equivalent, regarding their representation of savanna vegetation in Central Brazil. We suggest that it should be considered for improving conservation decision-making and initiatives and when expanding or creating new conservation units. Our findings also revealed that the edaphic component can, by itself, explain most of the floristic-structural variation between savannic environments of the Cerrado whose substrates are distinct.

Key words: Biodiversity, Conservation, Environmental heterogeneity, Phytogeography, Savannas.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 - CONTEXTUALIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO	1
1.2 - REVISÃO DE LITERATURA	4
1.2.1 - Caracterização do bioma Cerrado	4
1.2.2 - O Cerrado sentido restrito	7
1.2.3 - A complexidade da nomenclatura do Cerrado sentido restrito	9
1.2.4 - Estudos fitogeográficos no Cerrado sentido restrito	12
2 - ABUNDÂNCIA DAS POPULAÇÕES LENHOSAS DIFERE ENTRE DOIS TIPOS DE CERRADO SENTIDO RESTRITO, MAS OCORRÊNCIA E DIVERSIDADE ALFA NÃO: QUAIS SÃO AS IMPLICAÇÕES PARA CONSERVAÇÃO?	16
2.1 - RESUMO	16
2.2 - ABSTRACT	16
2.3 - INTRODUÇÃO	17
2.4 - MATERIAL E MÉTODOS	19
2.4.1 - Áreas de estudo	19
2.4.2 - Amostragem da vegetação e preparo das matrizes	21
2.4.3 - Análises numéricas	22
2.5 - RESULTADOS	23
2.6 - DISCUSSÃO	25
2.6.1 - Tamanhos populacionais diferem, mas ocorrência e diversidade alfa não	25
2.6.2 - Implicações para conservação das formações savânicas do Cerrado	27
3 - DESVENDANDO O PAPEL DA VARIABILIDADE EDÁFICA, CLIMÁTICA E ESPACIAL NA VARIAÇÃO FLORÍSTICO-ESTRUTURAL DO CERRADO SENTIDO RESTRITO SOBRE DOIS SUBSTRATOS	29
3.1 - RESUMO	29
3.2 - ABSTRACT	29
3.3 - INTRODUÇÃO	30
3.4 - MATERIAL E MÉTODOS	32
3.4.1 - Áreas de estudo	32
3.4.2 - Levantamento da vegetação e das variáveis ambientais e preparo das matrizes	35
3.4.3 - Análises numéricas	36
3.5 - RESULTADOS	38
3.6 - DISCUSSÃO	41
4 - CONCLUSÕES GERAIS	44
5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
6 - APÊNDICES	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Principais características das 10 localidades e dos 20 sítios adjacentes de Cerrado Típico - CT e Cerrado Rupestre - CR amostrados no Brasil Central. Sítio = nome abreviado; N = número de indivíduos; S = riqueza de espécies; Precipitação e temperatura em média anual.....	20
Tabela 2.2 - Resultados numéricos das ordenações qualitativa (NMDS1) e quantitativa (NMDS2) para composição de espécies entre sítios adjacentes de Cerrado Típico - CT e Cerrado Rupestre - CR amostrados no Brasil Central. p = proporção de simulações com <i>stress</i> menor ou igual ao <i>stress</i> dos dados reais; R^2 = coeficiente de determinação das correlações entre as distâncias florísticas da ordenação e as distâncias no espaço n -dimensional original.....	24
Tabela 3.1 - Principais características das 10 localidades e dos 20 sítios adjacentes de Cerrado Típico - CT e Cerrado Rupestre - CR amostrados no Brasil Central. Sítio = nome abreviado; N = número de indivíduos; S = riqueza de espécies; Precipitação e Temperatura em média anual.....	34
Tabela 3.2 - Modelos de regressão linear múltipla (OLS) entre variáveis geoedafoclimáticas e escores dos eixos do NMDS para sítios adjacentes de Cerrado Típico - CT e Cerrado Rupestre - CR amostrados no Brasil Central. p = significância do teste.....	39
Tabela 3.3 - Correlações de Pearson entre variáveis preditoras pré-selecionadas ($r \geq 0,1$) e escores dos eixos do NMDS para sítios adjacentes de Cerrado Típico - CT e Cerrado Rupestre - CR amostrados no Brasil Central.....	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Sítios adjacentes de Cerrado Típico - CT (■) e Cerrado Rupestre - CR (●) amostrados no Brasil Central e suas localizações em relação ao Cerrado e ao Brasil. Abreviatura dos nomes dos sítios vide Tabela 2.1. Distribuição potencial do CR em Goiás (áreas em cinza) segundo Lima (2008).....	21
Figura 2.2 - Ordenações qualitativa (NMDS1; A) e quantitativa (NMDS2; B) para composição de espécies entre sítios adjacentes de Cerrado Típico - CT (○) e Cerrado Rupestre - CR (●) amostrados no Brasil Central.....	24
Figura 2.3 - Perfis de Diversidade de espécies lenhosas em sítios adjacentes de Cerrado Típico - CT (linhas pretas) e Cerrado Rupestre - CR (linhas vermelhas) amostrados no Brasil Central.....	25
Figura 3.1 - Sítios adjacentes de Cerrado Típico - CT (■) e Cerrado Rupestre - CR (●) amostrados no Brasil Central e suas localizações em relação ao Cerrado e ao Brasil. Abreviatura dos nomes dos sítios vide Tabela 3.1. Distribuição potencial do CR em Goiás (áreas em cinza) segundo Lima (2008).....	35
Figura 3.2 - Ordenação NMDS para composição de espécies em sítios adjacentes de Cerrado Típico - CT (○) e Cerrado Rupestre - CR (●) amostrados no Brasil Central. Setas mostram correlações (Pearson) positivas e negativas entre preditores selecionados nos modelos finais de regressão e escores dos eixos 1 e 2 do NMDS.....	40
Figura 3.3 - Partição de variância entre os componentes que explicam a variação na composição florístico-estrutural entre sítios adjacentes de Cerrado Típico - CT e Cerrado Rupestre - CR amostrados no Brasil Central. A, B e C = frações puras; D, E e F = frações compartilhadas; Resíduos = 71%; Valores < 0 não são mostrados.....	41

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - CONTEXTUALIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO

O bioma Cerrado (*sensu* RIBEIRO; WALTER, 2008) apresenta, no âmbito de seu amplo território, destacada variação altitudinal e expressiva heterogeneidade espacial. Em função disso, o Cerrado é caracterizado por elevada variedade de ambientes, muitas vezes associados a diferentes padrões de clima, paisagens e solos (COCHRANE et al., 1985). Ao contrário de biomas como a Mata Atlântica ou a Floresta Amazônica, onde a estratificação vertical propicia grande variedade de ambientes, no Cerrado a variação ambiental se dá principalmente no sentido horizontal, de modo que áreas campestres, savânicas, florestais e úmidas podem existir na mesma região (MACHADO et al., 2004).

A heterogeneidade ambiental tem sido assinalada como um dos principais mecanismos moduladores da elevada biodiversidade registrada no Cerrado (FELFILI et al., 2008), pois muitas espécies apresentam forte associação com os habitats locais (RATTER; BRIDGEWATER; RIBEIRO, 2003). No entanto, outros fatores como o provável isolamento geográfico ocorrido no passado remoto (MACHADO et al., 2004) e a grande área de contato com outros biomas de terras baixas, tais como a Floresta Amazônica, a Mata Atlântica, a Caatinga, o Chaco e o Pantanal (SILVA; BATES, 2002; SILVA; SANTOS, 2005), também são apontados como promotores e mantenedores da elevada biodiversidade no Cerrado.

Em relação à vegetação, o Cerrado é apontado como a savana mais rica do mundo em quantidade de espécies (WALTER, 2006). Atualmente, foram descritas e catalogadas mais de 12.350 espécies vasculares (MENDONÇA et al., 2008) e este número aumenta continuamente. Além da alta riqueza, o nível de endemismo de espécies de plantas vasculares do Cerrado também é alto, estimado em 44% (SILVA; BATES, 2002). Estes dois componentes, associados à acelerada destruição e eminente ameaça levaram o Cerrado a ser incluído entre os 34 (MITTERMEIER et al., 2005) ou os 35 (WILLIAMS et al., 2011) ecossistemas do mundo com prioridade para a conservação, os *hotspots* de biodiversidade.

A ameaça à biodiversidade do Cerrado em função da ocupação desordenada e destruição de habitats naturais constitui problema relativamente recente na história de ocupação do Brasil (SANO et al., 2010b). Apesar disso, há estimativas que preveem o desaparecimento do Cerrado no ano de 2030, caso as atuais taxas de desmatamento e de conversão de áreas naturais para pastagens e lavouras sejam mantidas (MACHADO et al.,

2004). Assim, as projeções para o futuro do Cerrado são desastrosas do ponto de vista ambiental. Se por um lado o governo busca aumentar a área contemplada em Unidades de Conservação, por outro manifesta a intenção de ampliar a área destinada à agricultura (MACHADO et al., 2004). Como consequência, a tendência é que as áreas com vegetação nativa preservada no Cerrado fiquem limitadas às Unidades de Conservação, às Terras Indígenas e às áreas impróprias para a agricultura (MACHADO et al., 2004).

Nesse sentido, o conhecimento da situação atual dos remanescentes de vegetação nativa é passo importante para futuras iniciativas de conservação da biodiversidade do Cerrado, já que os inventários biológicos foram apontados como ação de máxima prioridade para o bioma (MMA, 2007). Dentro desta perspectiva, estudos descritivos de cunho florístico, estrutural e fitogeográfico são muito importantes, pois fornecem detalhes acerca da organização e distribuição da biodiversidade de plantas. Além disso, permitem avaliar os impactos decorrentes das atividades antrópicas e auxiliar no planejamento e criação de Unidades de Conservação e a adoção de técnicas de manejo (FELFILI; SILVA JÚNIOR, 2005).

Estudos que procuraram descrever a vegetação lenhosa do Cerrado são comuns, principalmente quando são consideradas fitofisionomias definidas, como os subtipos de Cerrado sentido restrito que ocorrem sobre solos profundos - Denso, Típico e Ralo. Por outro lado, o subtipo Cerrado Rupestre foi relativamente menos estudado (PINTO; LENZA; PINTO, 2009). A má distribuição dos esforços de pesquisa também pode ser observada entre os estudos de cunho fitogeográfico realizados no Cerrado. A maioria dos estudos não incluiu áreas de Cerrado Rupestre em suas análises, apesar de diversos pesquisadores terem sugerido que esta fitofisionomia pode ser verdadeiro refúgio para a biodiversidade do Cerrado sentido restrito como um todo (BENITES et al., 2007; MACHADO et al., 2004; MARTINELLI, 2007).

A sugestão de que o Cerrado Rupestre pode ser visto como refúgio para a biodiversidade do Cerrado sentido restrito está apoiada no fato de sua ocorrência ser coincidente com áreas impróprias para a implantação de atividades agropastoris (MACHADO et al. 2004). Assim, teoricamente, a biodiversidade seria mantida ou preservada simplesmente porque essas áreas ocorrem em terrenos acidentados, íngremes e rochosos nos topos de montanhas, onde a maquinaria agrícola não tem acesso (PINTO; LENZA; PINTO, 2009). Apesar disso, a proporção da biodiversidade do Cerrado sentido restrito que poderá ser contemplada pela manutenção ou preservação do Cerrado Rupestre ainda é desconhecida. Não há estudos que quantificaram, em escala regional, a semelhança

da biodiversidade entre os subtipos de Cerrado sentido restrito que ocorrem sobre solos profundos e sobre afloramentos rochosos, apesar dos trabalhos pontuais já realizados (ABREU et al., 2012; GOMES et al., 2011; LEMOS et al., 2013; MIRANDA, 2008; MOURA, 2010).

Neste contexto, surge a importante questão: quão semelhantes são esses ambientes em termos da biodiversidade que eles comportam? Para responder parcialmente esta questão, investigamos, descrevemos e comparamos padrões de variação na composição, abundância e diversidade alfa de espécies lenhosas em sítios adjacentes de Cerrado sentido restrito sobre solos profundos (Cerrado Típico - CT) e sobre solos rasos com afloramentos rochosos (Cerrado Rupestre - CR). Ademais, correlacionamos os padrões florístico-estruturais que encontramos com variáveis geoedafoclimáticas para desvendar os principais fatores moduladores desses padrões. Para tanto, dividimos a presente investigação em três capítulos, nos quais procuramos:

a) Levantar e descrever as informações já existentes acerca da vegetação do Cerrado e da fitofisionomia estudada, apontar lacunas no conhecimento e caracterizar o problema e a questão central desta tese (Capítulo 1);

b) Comparar padrões de composição florística e florístico-estrutural e de diversidade alfa de espécies lenhosas entre sítios adjacentes de Cerrado sentido restrito sobre dois substratos no Brasil Central e avaliar as consequências da devastação de trechos de Cerrado sentido restrito sobre solos profundos para a conservação da biodiversidade vegetal do Cerrado (Capítulo 2);

c) Correlacionar padrões de ocorrência e abundância de espécies com variáveis geoedafoclimáticas e verificar qual componente (edáfico, climático ou espacial) tem maior peso na explicação dos padrões encontrados (Capítulo 3).

1.2 - REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1 - Caracterização do bioma Cerrado

O bioma Cerrado ocupava originalmente 22% do território brasileiro, além de áreas menores do leste boliviano e noroeste paraguaio (OLIVEIRA FILHO; RATTER, 2002). No Brasil, o Cerrado está localizado essencialmente no Planalto Central e abrange integralmente o Distrito Federal e parte dos Estados de Goiás (97%), Tocantins (92%), Maranhão (65%), Mato Grosso do Sul (61%), Minas Gerais (57%), Mato Grosso (40%), Piauí (37%), São Paulo (33%), Bahia (27%) e Paraná (2%) (SANO et al., 2010a). Além disso, ocupa parte do Ceará, de Rondônia e áreas disjuntas ao norte dos Estados do Amapá, Amazonas, Pará e Roraima (RIBEIRO; WALTER, 2008). Seu amplo território abrange as três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (FELFILI; SILVA JÚNIOR, 2005; OLIVEIRA FILHO; RATTER, 2002), liga a Caatinga Nordestina ao Chaco do Paraguai-Bolívia-Argentina pelo corredor de vegetação xérica e conecta as duas maiores florestas tropicais úmidas da América do Sul, a Floresta Amazônica e a Mata Atlântica, por meio dos corredores dendríticos de formações ribeirinhas (OLIVEIRA FILHO; RATTER, 1995, 2002).

A grande amplitude espacial e a expressiva variação altitudinal do Cerrado resultam em destacada heterogeneidade ambiental (CASTRO; MARTINS, 1999), a qual muitas vezes é associada ao complexo mosaico de vegetação que inclui formações florestais, savânicas e campestres (FELFILI; SILVA JÚNIOR, 1993; RIBEIRO; WALTER, 1998, 2008). Este mosaico vegetacional possibilitou a formulação de diversos sistemas de classificação da vegetação e diferentes conceitos sobre o que é o bioma Cerrado (WALTER, 2006), de modo que as fitofisionomias que compõem o bioma variam de acordo com o conceito adotado. Para Coutinho (1978, 2006) e Batalha (2011), por exemplo, com exceção do Cerradão, todas as formações florestais são consideradas intrusões de outros biomas no Cerrado, portanto não são consideradas parte do mesmo. Por outro lado, para Ribeiro e Walter (1998, 2008), o bioma Cerrado é composto por formações florestais que incluem a Mata Ciliar, a Mata de Galeria, o Cerradão e as Matas Secas, além das formações savânicas (Cerrado sentido restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda) e campestres (Campos Sujo, Limpo e Rupestre).

Além disso, há autores que afirmam que o Cerrado pode ser considerado savana no âmbito da classificação mundial dos biomas (COUTINHO, 1978; FERNANDES, 1998; RATTER; RIBEIRO; BRIDGEWATER, 1997; RIZZINI, 1997; VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991), enquanto outros defendem que o Cerrado deve ser separado do

conceito de savana (EITEN, 1972, 1977, 1982, 1986, 1994). Ribeiro e Walter (1998) definiram o Cerrado como um complexo vegetacional com relações ecológicas e fisionômicas com outras savanas da América tropical, da África e da Austrália. Já Walter (2006) afirmou, após extensa revisão, que o Cerrado é uma savana floristicamente rica. Aquino et al. (2009) abordaram a evolução histórica do conceito de savana e de sua relação com o Cerrado e comentaram que os conceitos não são coincidentes, de modo que os autores precisam considerar as diferentes interpretações existentes, esclarecer qual definição será empregada e manter a coerência em todo o texto. Apesar desta histórica e exaustiva discussão, cabe ressaltar que, atualmente, o conceito de Cerrado proposto por Ribeiro e Walter (1998, 2008) é o mais amplamente difundido e aceito no Brasil.

À parte desta questão conceitual, sabe-se que a distribuição do bioma Cerrado é determinada, essencialmente, pela predominância do Cerrado *sensu lato* (Campo Limpo, Campo Sujo, Cerrado sentido restrito e Cerradão) na paisagem (OLIVEIRA FILHO; RATTER, 2002). Apesar de não haver consenso quanto aos fatores determinantes da distribuição da vegetação do Cerrado, Oliveira-Filho e Ratter (1995, 2002) destacaram que a precipitação sazonal, a fertilidade e drenagem do solo, o regime de fogo e as flutuações climáticas do Quaternário geralmente são considerados importantes. Outros fatores, como a variação altitudinal, latitudinal e longitudinal (RATTER; DARGIE, 1992), as barreiras climáticas (polígono das secas e polígono das geadas) e as cotas altimétricas de 400/500 m e de 900/1.000 m (CASTRO; MARTINS, 1999) também são considerados importantes.

Em menor escala, a composição de espécies e a estrutura da vegetação das diferentes comunidades do Cerrado são determinadas e mantidas pela heterogeneidade ambiental, já que as espécies podem responder de forma diferenciada aos fatores físicos, bióticos e à interação entre ambos (FELFILI et al., 2008). Embora os cientistas discordem sobre os principais fatores determinantes da composição de espécies e estrutura das comunidades em escalas locais (FERREIRA; BUSTAMANTE; DAVIDSON, 2009), a variação no relevo (RATTER; DARGIE, 1992), nas propriedades físico-químicas dos solos (AMORIM; BATALHA, 2007; DANTAS; BATALHA, 2011) e na disponibilidade de água (FERREIRA; BUSTAMANTE; DAVIDSON, 2009) são geralmente apontados como relevantes.

Apesar de o clima variar consideravelmente ao longo do bioma Cerrado, na maior porção do seu território predomina, segundo o sistema de classificação proposto por Köppen, o tipo tropical úmido com o subtipo de savana (Aw), caracterizado por apresentar períodos seco (inverno) e chuvoso (verão) bem definidos (SILVA; ASSAD;

EVANGELISTA, 2008). De acordo com Oliveira-Filho e Ratter (2002), nas regiões onde este tipo de clima ocorre, o período seco estende-se de maio a setembro e o chuvoso de outubro a abril, com médias anuais de temperatura entre 18° e 28°C e precipitação que varia de 800 a 2.000 mm. Além deste, outros tipos de clima ocorrem no Cerrado, como o tipo temperado quente com inverno seco e temperatura média do mês mais quente maior que 22°C (Cwa), o qual pode ser encontrado no sul de Minas Gerais e em parte do Estado de Mato Grosso do Sul (SILVA; ASSAD; EVANGELISTA, 2008).

Quanto aos solos, o Cerrado também apresenta grande variação de classes. Segundo o sistema de classificação proposto pela Embrapa (EMBRAPA, 2013), ocorrem no Cerrado as classes Latossolo, Neossolo, Argissolo, Plintossolo, Cambissolo, Gleissolo, Nitossolo, Chernossolo, Planossolo e Organossolo. De acordo com Reatto et al. (2008), os Latossolos em seus diferentes subtipos representam a classe predominante e ocupam pouco menos de 50% do Cerrado, seguido por Neossolos Quartzarênicos (14,4%), Argissolos (13,6%) e as demais classes (23,2%).

Reatto et al. (2008) destacaram ainda que, de maneira geral, os solos do Cerrado são profundos, ácidos, pobres em nutrientes (distróficos, com baixa disponibilidade de cálcio e magnésio) e saturados em alumínio. Entretanto, de acordo com Haridasan (2008), os conceitos de pobreza nutricional e toxicidade, bem estabelecidos na agricultura, não devem ser estendidos às plantas nativas em ecossistemas naturais de forma indiscriminada. Há evidências de que as plantas nativas estão adaptadas à disponibilidade natural de nutrientes e de alumínio comumente registrada nos solos do Cerrado (HARIDASAN, 2005), tais como a elevada densidade relativa de algumas espécies e a sua própria existência e manutenção temporal.

Em relação à biodiversidade, o Cerrado é apontado como a mais rica entre as savanas mundiais (SILVA; BATES, 2002) e apresenta expressivo nível de endemismo de espécies (MACHADO et al., 2004). Sua riqueza de plantas, investigada por diversos autores ao longo de anos de estudo, foi compilada por Mendonça et al. (2008) e resultou no registro de 12.356 espécies vasculares. Além disso, Silva e Bates (2002) ressaltaram que, em função da grande área ainda inexplorada do Cerrado, o número de espécies e o nível de endemismo poderão aumentar à medida que novas áreas forem inventariadas.

Apesar disso, muitos pesquisadores acreditam que a biodiversidade do Cerrado está sendo comprometida. Estimativas da cobertura vegetal natural variam entre 45% (MACHADO et al., 2004) e 60,5%, dependendo dos diferentes conceitos de vegetação natural adotados, de diferenças nas resoluções dos sensores envolvidos, da escala adotada e

de variações nos limites do bioma (SANO et al., 2010a). Além disso, as áreas remanescentes estão sob efeito de diversos fatores de degradação ambiental, tais como invasão biológica por espécies exóticas, mudanças no regime de fogo e conversão de áreas naturais para pastagens e lavouras (KLINK; MACHADO, 2005; MARRIS, 2005; PIVELLO, 2005; SANO et al., 2008, 2010a, 2010b).

De acordo com Latrubesse et al. (2009), nenhum outro bioma no mundo foi tão rápida e intensamente destruído na história humana. Apesar disso, as taxas de destruição do Cerrado têm sido muito elevadas em relação aos esforços para sua preservação (KLINK; MACHADO, 2005). Este fato é evidenciado quando a área do Cerrado protegida em Unidades de Conservação é comparada à área total do bioma. De acordo com Arruda et al. (2008), o Cerrado apresenta apenas 2,48% de seu território contemplado em unidades de proteção integral e 0,03% em unidades de uso sustentável. Além disso, Pinto et al. (2009b) analisaram os tipos vegetacionais protegidos nos Parques Nacionais do Cerrado e verificaram que as áreas ocupadas por formações savânicas (66,7%), florestais (23,4%) e campestres (9,1%) são diferentes.

Assim, Silva e Bates (2002), Arruda et al. (2008) e Pinto et al. (2009b) afirmaram que as Unidades de Conservação do Cerrado estão distribuídas de forma desequilibrada e desuniforme, o que resulta em lacunas de representatividade e no isolamento e desconectividade dos fragmentos. Além disso, importante parte da diversidade ambiental do Cerrado não foi incorporada a nenhuma rede de áreas protegidas (SILVA; BATES, 2002). Como consequência, as Unidades de Conservação não garantem a manutenção da diversidade biológica e a integridade dos ecossistemas em longo prazo (ARRUDA et al., 2008), propósito para o qual foram criadas.

1.2.2 - O Cerrado sentido restrito

A vegetação do Cerrado é composta por formações florestais, savânicas e campestres, as quais ocupam 32%, 61% e 7% do território do bioma, respectivamente (SANO et al., 2010a). Entre as formações savânicas, o Cerrado sentido restrito constitui a principal fitofisionomia e ocupava originalmente a maior porção do território do Cerrado (FELFILI; SILVA JÚNIOR, 2005). A vegetação desta fitofisionomia é caracterizada pela presença de estratos arbóreo e arbustivo-herbáceo bem definidos, com árvores distribuídas aleatoriamente no terreno, em diferentes densidades, formando dossel sempre indefinido (RIBEIRO; WALTER, 1998, 2008). As árvores são pequenas e tortuosas, irregularmente ramificadas e com características morfológicas resultantes de adaptações evolutivas contra

a seca, o fogo e a herbivoria (OLIVEIRA FILHO; RATTER, 2002; RIBEIRO; WALTER, 1998, 2008).

De acordo com variações na cobertura arbórea, na densidade e altura dos indivíduos, na composição de espécies e no substrato onde ocorre, o Cerrado sentido restrito pode ser subdividido em Ralo, Típico, Denso e Rupestre (RIBEIRO; WALTER, 2008). Estes autores comentam que a cobertura arbórea varia entre 5 e 20% no Cerrado Ralo e no Cerrado Rupestre, 20 e 50% no Cerrado Típico e 50 e 70% no Cerrado Denso, ao passo que a altura média das árvores está entre 2 e 3 metros no Cerrado Ralo, 2 e 4 metros no Cerrado Rupestre, 3 e 6 metros no Cerrado Típico e 5 e 8 metros no Cerrado Denso. A diferenciação dos subtipos de Cerrado sentido restrito é, algumas vezes, tarefa complicada, embora descrições florístico-estruturais e caracterizações dos substratos possam constituir importantes fatores de distinção.

Os subtipos de Cerrado sentido restrito Ralo, Típico e Denso ocorrem sobre solos profundos que, de forma geral, pertencem às classes Latossolo Vermelho e Latossolo Vermelho-Amarelo (REATTO et al., 2008; RIBEIRO; WALTER, 2008). Normalmente estes solos são forte ou moderadamente ácidos (pH entre 4,5 e 5,5), pobres em nutrientes, com teor de matéria orgânica variando entre médio e baixo e frequentemente apresentam saturação por alumínio (RIBEIRO; WALTER, 1998, 2008). Por outro lado, o subtipo Rupestre desenvolve-se normalmente em áreas de relevo acidentado e com afloramentos de rochas, sobre solos normalmente rasos, arenosos e formados por estreita camada organo-arenosa depositada diretamente sobre a rocha matriz (PINTO; LENZA; PINTO, 2009; RIBEIRO; WALTER, 1998). Em geral os solos em áreas de Cerrado Rupestre são classificados como Neossolos Litólicos, pobres em nutrientes, com baixos teores de matéria orgânica e de pH reduzido (BENITES et al., 2003; REATTO et al., 2008), frequentemente originados de arenitos e quartzitos (PINTO; LENZA; PINTO, 2009; RIBEIRO; WALTER, 1998).

A ocorrência dos subtipos de Cerrado sentido restrito é influenciada, entre outros fatores, pelas condições edáficas, principalmente pH, saturação por alumínio, fertilidade, drenagem e profundidade dos solos, bem como pela frequência de queimadas e pelas ações antrópicas (OLIVEIRA FILHO; RATTER, 2002; RIBEIRO; WALTER, 2008). Estes fatores refletem na estrutura da vegetação, na distribuição espacial dos indivíduos lenhosos e na composição de espécies vegetais, direcionando as subdivisões do Cerrado sentido restrito (RIBEIRO; WALTER, 2008). Esses fenômenos atestam a importância da inclusão

de variáveis ambientais nos estudos que procuram descrever padrões de distribuição e de substituição de espécies no gradiente vegetacional do Cerrado sentido restrito.

1.2.3 - A complexidade da nomenclatura do Cerrado sentido restrito

A falta de padronização na nomenclatura da vegetação do Cerrado está relacionada, segundo Ribeiro e Walter (2008), ao fato de diferentes autores usarem critérios e escalas distintas, baseados em princípios ou origens diferenciados. A grande variação fitofisionômica, a complexa e gradual transição entre as fitofisionomias (OLIVEIRA-FILHO; FLUMINHAN-FILHO, 1999), a elevada riqueza de espécies e a influência de diferentes fatores (climáticos, edáficos, altitudinais, etc.) e biomas (WALTER, 2006) constituem alguns dos fatores citados como influenciadores da falta de padronização e da riqueza de nomes, termos e expressões usados como referência à vegetação do Cerrado.

A nomenclatura empregada para designar os diferentes subtipos de Cerrado sentido restrito que ocorrem sobre solos profundos diferiu largamente entre as diversas propostas de classificação feitas no passado, conforme detalhado por Walter (2006). No entanto, o sistema proposto por Ribeiro e Walter (1998), o qual subdivide o Cerrado sentido restrito sobre solos profundos em Ralo, Típico e Denso, passou a ser amplamente utilizado e amenizou a falta de padronização nomenclatural. Apesar disso, alguns autores ainda preferem denominar tais tipologias vegetacionais apenas de ‘Cerrado sentido restrito’, de modo que os subtipos fitofisionômicos Ralo, Típico, Denso e Rupestre não são especificados, o que normalmente dificulta análises posteriores e comparações de áreas, como destacaram Walter (2006) e Pinto et al. (2009a).

A padronização nomenclatural dos ambientes Rupestres, por outro lado, constitui tarefa difícil até os dias atuais. O termo ‘Rupestre’ gera grande controvérsia nos sistema de classificação da vegetação que ocorre sobre solos rochosos em elevadas altitudes, o que tem resultado em generalizações da nomenclatura empregada para designar os diferentes ambientes Rupestres (OLIVEIRA-FILHO; FLUMINHAN-FILHO, 1999; WALTER, 2006). De acordo com Pinto et al. (2009a), frequentemente a vegetação savânica existente sobre afloramentos de rochas é denominada Campo Rupestre, quando, na verdade, o mais adequado seria classificá-la como Cerrado Rupestre, de acordo com o sistema de classificação proposto por Ribeiro e Walter (1998). Isso dificulta comparações entre áreas, interfere em análises regionais e globais - como os estudos fitogeográficos - e tem implicações diretas no planejamento e implantação de Unidades de Conservação.

Ao analisar o problema, Vasconcelos (2011) revisou a história de denominações, a localização geográfica, os aspectos fitofisionômicos e as afinidades biogeográficas dos ambientes campestres que ocorrem sobre afloramentos de rocha no Leste do Brasil. O referido autor concluiu que muitos nomes foram atribuídos à vegetação campestre que ocorre nos topos de montanhas do Leste brasileiro, entretanto, destacou que foram Magalhães (1966) e Joly (1970) os primeiros autores a empregar o termo ‘Campos Rupestres’ para a vegetação campestre que ocorre no topo da Cadeia do Espinhaço. Vasconcelos (2011) também salientou que foi Ferri (1980) o primeiro autor a denominar os campos quartzíticos de ‘Campos Rupestres’ e os campos altimontanos de ‘Campos de Altitude’ e afirmou que tais denominações são as mais comumente empregadas por botânicos e fitogeógrafos.

Em relação aos fatores de diferenciação, os Campos Rupestres ocorrem principalmente em altitudes maiores que 900 metros em montanhas associadas, principalmente, ao quartzito, ao arenito e ao minério de ferro (ALVES; CARDIN; KROPF, 2007; ALVES; KOLBEK, 1994; CAIAFA; SILVA, 2005; EITEN, 1992; GIULIETTI; PIRANI, 1988; VASCONCELOS, 2011). Os Campos Rupestres distribuem-se principalmente ao longo da Cadeia do Espinhaço, embora possam ocorrer mais isoladamente nas serras do Brasil Central (ALVES; CARDIN; KROPF, 2007; ALVES; KOLBEK, 1994; CAIAFA; SILVA, 2005; EITEN, 1992; GIULIETTI; PIRANI, 1988; VASCONCELOS, 2011). De forma geral, os Campos Rupestres da Cadeia do Espinhaço situam-se em áreas transicionais entre o Cerrado, a Caatinga e a Mata Atlântica, de modo que sua flora apresenta afinidades biogeográficas com as serras do Brasil Central, do Escudo das Guianas (*Tepuis*) e das restingas litorâneas ao longo do Oceano Atlântico (ALVES; CARDIN; KROPF, 2007; ALVES; KOLBEK, 1994; EITEN, 1992; GIULIETTI; PIRANI, 1988).

Os Campos de Altitude, por sua vez, ocorrem predominantemente em montanhas mais elevadas, geralmente acima de 1.500 metros de altitude, associados com rochas ígneas ou metamórficas, tais como o granito e o gnaisse (ALVES; CARDIN; KROPF, 2007; CAIAFA; SILVA, 2005; GIULIETTI; PIRANI; HARLEY, 1997). Os Campos de Altitude distribuem-se principalmente ao longo das Serras do Mar e da Mantiqueira e encontram-se totalmente inseridos na Mata Atlântica (ALVES; CARDIN; KROPF, 2007; CAIAFA; SILVA, 2005; GIULIETTI; PIRANI; HARLEY, 1997). Sua flora revela notável afinidade com aquelas da região Andino-Patagônica (Andes e montanhas da América Central) e das serras do Sul do Brasil (SAFFORD, 1999, 2007). Assim, Vasconcelos

(2011) concluiu que embora os Campos Rupestres e os Campos de Altitude apresentem certas semelhanças fisionômicas e compartilhem alguns táxons vegetais, os dois devem ser considerados distintos em função de diferenças nos substratos de natureza geológica, pelas floras com composição específica diferenciada e afinidades biogeográficas contrastantes e por situarem-se em domínios fitogeográficos diferentes.

Outro ponto que merece atenção no que tange à falta de padronização da nomenclatura empregada aos ambientes Rupestres nos domínios do Cerrado é a diferenciação entre Campos Rupestres e Cerrados Rupestres. De acordo com Pinto et al. (2009a), diversos estudos conduzidos no bioma Cerrado retrataram a vegetação de ambientes Rupestres de forma generalizada, levando em conta apenas o fato de ocorrerem sobre afloramentos de rochas em elevadas altitudes. Apesar disso, os referidos autores comentaram que, no Cerrado, a distinção dos subtipos fitofisionômicos situados em ambientes Rupestres é, de certa forma, simples, desde que as definições apresentadas no sistema de classificação da vegetação do Cerrado proposto por Ribeiro e Walter (1998, 2008) sejam consideradas.

Os Campos Rupestres constituem fitofisionomia campestre por apresentar estrato herbáceo-arbustivo com presença eventual de arvoretas de até 2 metros de altura, o que fornece cobertura arbórea menor que 5% (RIBEIRO; WALTER, 1998, 2008). Esta fitofisionomia ocorre em altitudes superiores a 900 metros, em áreas onde a temperatura pode ser bastante elevada durante o dia e cair bruscamente durante a noite (HARLEY, 1995). A composição de espécies pode variar muito em poucos metros de distância e a densidade das espécies depende de diversas características do substrato, tais como profundidade, disponibilidade de nutrientes, disponibilidade hídrica e topografia (RIBEIRO; WALTER, 1998, 2008). As condições edáficas e a variação climática ao longo do dia resultam em flora típica, a qual normalmente é caracterizada pela presença de plantas cuja distribuição ecológica e geográfica é muito restrita (OLIVEIRA-FILHO; FLUMINHAN-FILHO, 1999).

O Cerrado Rupestre, em contrapartida, é formação savânica e constitui um dos subtipos de Cerrado sentido restrito (RIBEIRO; WALTER, 1998, 2008). O Cerrado Rupestre possui estratos arbustivo-herbáceo e arbóreo-arbustivo destacados, com cobertura arbórea que oscila entre 5 e 20%, altura média dos indivíduos que varia entre 2 e 4 metros (RIBEIRO; WALTER, 1998, 2008) e árvores mais altas distribuídas de forma irregular (OLIVEIRA-FILHO; MARTINS, 1986). A densidade das espécies arbóreas pode variar dependendo do volume de solo (RIBEIRO; WALTER, 2008) e da capacidade de acúmulo

de água no solo (OLIVEIRA-FILHO; MARTINS, 1986). Sua flora apresenta elementos florísticos característicos em ambos os estratos (LENZA et al., 2011; PINTO; LENZA; PINTO, 2009; RIBEIRO; WALTER, 2008).

Embora o Campo Rupestre e o Cerrado Rupestre possam apresentar semelhanças nas características dos substratos sobre os quais ocorrem, os dois tipos de formação vegetal devem ser considerados diferentes em termos florísticos e estruturais. Assim, a divergência na densidade de indivíduos dos componentes arbustivo-arbóreo e herbáceo-subarbustivo, na cobertura arbórea e na variação em altitude podem constituir fatores de diferenciação entre os dois ambientes.

1.2.4 - Estudos fitogeográficos no Cerrado sentido restrito

A vegetação lenhosa do Cerrado tem sido muito estudada nas últimas décadas e os esforços de pesquisa básica foram concentrados, prioritariamente, em descrições pontuais da composição florística e estrutura da vegetação. Por outro lado, relativamente menor atenção tem sido dispensada à investigação dos padrões de distribuição e organização da biodiversidade de plantas (ASSUNÇÃO; FELFILI, 2004), bem como à relação entre vegetação e ambiente (DANTAS; BATALHA, 2011; FERREIRA; BUSTAMANTE; DAVIDSON, 2009). Nesse sentido, fica evidente a necessidade de intensificação de estudos que compilem vários levantamentos pontuais de modo a abranger áreas geográficas maiores e incluir variações da vegetação em função de gradientes ambientais e espaciais, como já sugerido por Ratter e Dargie (1992), Ratter et al. (1996) e Felfili et al. (2004).

Entre os estudos de cunho fitogeográfico conduzidos no Cerrado podem ser citados os de Ratter e Dargie (1992), Felfili e Silva Júnior (1993, 2001, 2005), Castro e Martins (1999), Ratter et al. (2003), Bridgewater et al. (2004), Felfili et al. (2004, 2007), Silva et al. (2006), Moura (2010), Santos et al. (2012a) e Santos et al. (2012b). Estes trabalhos investigaram e descreveram padrões de distribuição e de abundância de espécies em escalas que abrangeram o bioma como um todo (BRIDGEWATER; RATTER; RIBEIRO, 2004; CASTRO; MARTINS, 1999; RATTER; BRIDGEWATER; RIBEIRO, 2003; RATTER; DARGIE, 1992; RATTER et al., 1996; SILVA et al., 2006), ou em escalas menores, de modo a abranger regiões ou fitofisionomias definidas (DURIGAN et al., 2003; FELFILI; REZENDE; SILVA-JÚNIOR, 2007; FELFILI; SILVA JÚNIOR, 1993, 2001, 2005; FELFILI et al., 2004; MOURA, 2010; SANTOS; PINTO; LENZA, 2012a; SANTOS et al., 2012b).

Os estudos fitogeográficos de maior abrangência conduzidos até o momento mostraram que a vegetação do Cerrado é extremamente heterogênea, ou seja, varia grandemente dentro do território do bioma, o que resulta em elevados índices de dissimilaridade florística ou de diversidade beta (BRIDGEWATER; RATTER; RIBEIRO, 2004; RATTER; BRIDGEWATER; RIBEIRO, 2003; RATTER; DARGIE, 1992; RATTER et al., 1996). De acordo com Bridgewater et al. (2004), este padrão está relacionado ao fato de a vegetação do Cerrado ser dominada por um conjunto de espécies que contribui, em média, com mais da metade da composição de espécies e com dois terços do Índice de Valor de Importância. Além disso, os referidos autores destacaram que há elevado número de espécies que aparentemente está confinado a cada província do Cerrado, o qual pode variar entre 15 e 162 espécies.

Esta variação da vegetação, em termos de ocorrência e distribuição de abundância, resultou na identificação e definição de grupos fitogeográficos, tais como os descritos por Ratter et al. (1996, 2003), ou no reconhecimento de diferentes supercentros de diversidade, como os descritos por Castro e Martins (1999). A determinação destes grupos fitogeográficos ou dos supercentros de diversidade foi atribuída a gradientes de variação latitudinal, longitudinal e de fertilidade dos solos (RATTER; DARGIE, 1992), às barreiras climáticas, como o Polígono das Secas e o Polígono das Geadas, às cotas altimétricas de 400/500 metros e de 900/1.000 metros (CASTRO; MARTINS, 1999) e a variações no relevo e drenagem do terreno (SILVA et al., 2006).

Ao se considerar apenas descrições fitogeográficas baseadas na vegetação do Cerrado sentido restrito sobre solos profundos, de modo geral os estudos confirmaram a teoria de heterogeneidade espacial da flora lenhosa do Cerrado sentido restrito (DURIGAN et al., 2003; FELFILI; SEVILHA; SILVA-JÚNIOR, 2001; FELFILI; SILVA JÚNIOR, 1993, 2005, 2007; FELFILI et al., 2004). A influência de gradientes espaciais sobre a composição e abundância das espécies lenhosas foi evidenciada pela redução da similaridade florística de diferentes áreas em função do espaço geográfico (FELFILI; SILVA JÚNIOR, 1993), o que resultou em expressiva diversidade beta (FELFILI; SEVILHA; SILVA-JÚNIOR, 2001; FELFILI; SILVA JÚNIOR, 2005; FELFILI et al., 2004). Apesar disso, em escala local, a similaridade florística e a diversidade alfa foram elevadas em vários estudos (FELFILI; REZENDE; SILVA-JÚNIOR, 2007; FELFILI; SILVA JÚNIOR, 2005; FELFILI et al., 2004).

A maioria destes trabalhos apontou a contribuição relativa das espécies, em termos de abundância, como principal fator modulador das diferenças florísticas encontradas entre

distintas áreas de Cerrado sentido restrito (DURIGAN et al., 2003; FELFILI; REZENDE; SILVA-JÚNIOR, 2007; FELFILI; SEVILHA; SILVA-JÚNIOR, 2001; FELFILI; SILVA JÚNIOR, 1993, 2005, 2007; FELFILI et al., 2004). Estas diferenças coincidiram com os distintos sistemas de terra (FELFILI; REZENDE; SILVA-JÚNIOR, 2007; SILVA et al., 2006) e com as divisões regionais das bacias hidrográficas que ocorrem no Cerrado (DURIGAN et al., 2003). Entre os fatores de influência sobre tais padrões, foram apontados o clima (temperatura e umidade) e a fertilidade dos solos em algumas análises (DURIGAN et al., 2003), enquanto em outras a latitude e a longitude parecem ter constituído fator de maior influência, já que solos e relevo tiveram propriedades similares (FELFILI; SILVA JÚNIOR, 1993). Embora os últimos autores tenham sugerido variáveis geográficas como estruturadoras da vegetação, é conhecido que o gradiente vegetacional é determinado pela variação no ambiente e que este varia no espaço geográfico.

Entre os estudos que procuraram investigar e descrever padrões de distribuição de espécies em áreas de Cerrado Rupestre destacam-se o de Moura (2010) e os de Santos et al. (2012a, 2012b). Moura (2010) registrou diferenciação na distribuição da flora das áreas de Cerrado Rupestre, o que segundo a autora, pode estar relacionado à influência dos biomas vizinhos e também às variações ambientais, especialmente temperatura mínima e fertilidade, textura e acidez dos solos. Quando a referida autora comparou áreas de Cerrado Rupestre com áreas de Cerrado sentido restrito sobre solos profundos, observou que as análises não as separaram. Isso a levou a concluir que a profundidade do substrato, por si só, não é suficiente para gerar comunidades florística e estruturalmente diferenciadas. Mais recentemente, Santos et al. (2012a, 2012b) investigaram padrões fitogeográficos da vegetação lenhosa amostrada apenas em áreas de Cerrado Rupestre no Estado de Goiás. Os referidos autores concluíram que as áreas foram relativamente homogêneas em relação à composição de espécies, entretanto diferiram em relação à estrutura, de modo que o tamanho das populações em cada localidade foi o principal fator que as diferenciou.

Em geral, os estudos supracitados apontaram semelhanças florísticas entre as comunidades lenhosas do Cerrado sentido restrito quando as análises foram baseadas em critérios de presença e ausência de espécies (DURIGAN et al., 2003; FELFILI; REZENDE; SILVA-JÚNIOR, 2007; FELFILI; SILVA JÚNIOR, 1993, 2001, 2005; FELFILI et al., 2004; MOURA, 2010; SANTOS; PINTO; LENZA, 2012a; SANTOS et al., 2012b). No entanto, quando as análises foram conduzidas com base em critérios quantitativos, ou seja, quando consideraram a abundância relativa das espécies, tais estudos mostraram diferenças entre as comunidades, evidenciando padrão de heterogeneidade

relacionado à desigual distribuição dos indivíduos entre as espécies (DURIGAN et al., 2003; FELFILI; REZENDE; SILVA-JÚNIOR, 2007; FELFILI; SILVA JÚNIOR, 1993, 2001, 2005; FELFILI et al., 2004; MOURA, 2010; SANTOS; PINTO; LENZA, 2012a; SANTOS et al., 2012b).

A presente revisão tornou evidente que a maioria dos estudos fitogeográficos que buscou descrever padrões para o bioma como um todo foi baseada em levantamentos da vegetação realizados no Cerrado sentido amplo (*sensu lato*) e abrangeu, assim, espécies lenhosas que ocorrem em formações campestres, savânicas e florestais (BRIDGEWATER; RATTER; RIBEIRO, 2004; CASTRO; MARTINS, 1999; FELFILI; REZENDE; SILVA-JÚNIOR, 2007; FELFILI; SILVA JÚNIOR, 1993, 2001, 2005; FELFILI et al., 2004; RATTER; BRIDGEWATER; RIBEIRO, 2003; RATTER; DARGIE, 1992; SILVA et al., 2006). Por outro lado, os trabalhos relacionados à fitogeografia do Cerrado sentido restrito (*stricto sensu*) englobaram, em sua maioria, espécies lenhosas que ocorrem em áreas de Cerrado sentido restrito sobre solos profundos (DURIGAN et al., 2003; FELFILI; REZENDE; SILVA-JÚNIOR, 2007; FELFILI; SILVA JÚNIOR, 1993, 2001, 2005; FELFILI et al., 2004), sem considerar o Cerrado Rupestre, cuja vegetação é menos estudada. Este fato indica que, após a inclusão das áreas de Cerrado Rupestre em análises mais amplas, a descrição da ocorrência e representatividade relativa das espécies do Cerrado sentido restrito poderá ser alterada e novos padrões fitogeográficos poderão emergir.

Assim, vários aspectos acerca dos padrões de distribuição das espécies do Cerrado ainda precisam ser investigados, tais como descrições fitogeográficas de fitofisionomias definidas e comparações de diferentes subtipos de vegetação que ocorrem em áreas adjacentes dentro da mesma fitofisionomia. Ademais, é importante que tais estudos busquem correlacionar padrões vegetacionais com variáveis ambientais considerando o emprego de técnicas que consigam detectar e tratar adequadamente a estrutura espacial nas variáveis.

2 - ABUNDÂNCIA DAS POPULAÇÕES LENHOSAS DIFERE ENTRE DOIS TIPOS DE CERRADO SENTIDO RESTRITO, MAS OCORRÊNCIA E DIVERSIDADE ALFA NÃO: QUAIS SÃO AS IMPLICAÇÕES PARA CONSERVAÇÃO?

2.1 - RESUMO

O Cerrado se destaca das outras savanas do mundo por abrigar a maior biodiversidade e por sua rápida e eminente destruição. No Brasil Central, ambientes savânicos do Cerrado que ocorrem sobre relevo plano e solos profundos (Cerrado Típico - CT) têm sido largamente convertidos em ecossistemas agropastoris. Por outro lado, ambientes savânicos sobre relevo íngreme e solos rasos e com afloramentos de rocha (Cerrado Rupestre - CR) têm sido apontados como futuros refúgios de biodiversidade na região. Neste trabalho mostramos que sítios adjacentes de CT e CR (10 amostras de 1 ha em cada ambiente) diferem em tamanhos populacionais, mas não em ocorrência e diversidade alfa de espécies lenhosas. Ademais, apontamos as implicações desses resultados para a conservação desses ambientes. Nossa investigação tornou claro que CT e CR são complementares, mas não equivalentes em termos da representatividade da vegetação savânica no Brasil Central. Acreditamos que, se ambientes de CR vierem mesmo a representar os únicos refúgios para a vegetação savânica, haverá efetiva perda de biodiversidade imediata (perda de espécies exclusivas e especialistas em hábitat específico) e em longo prazo (processos associados à fragmentação, à redução nos tamanhos populacionais e à perda de variabilidade genética). Sugerimos que ambientes savânicos do Cerrado sobre solos distintos sejam consideradas complementares nas tomadas de decisão, em iniciativas de conservação e na criação ou ampliação de Unidades de Conservação.

Palavras-chave: Conservação da biodiversidade, Heterogeneidade ambiental, Padrões fitogeográficos, Perda de biodiversidade, Savana.

2.2 - ABSTRACT

The Cerrado stands out from other savannas of the world for hosting the highest biodiversity and for its ongoing massive destruction. Savannic environments of the Cerrado on plain relief and with deep soils (Typical Cerrado - CT) in Central Brazil have been widely converted into agropastoral ecosystems. In contrast, savannic environments on steep relief with shallow and rocky soils (Rocky Cerrado - CR) have been considered as

future biodiversity refuges in Central Brazil. In this study, we show that adjacent CT and CR cerrados sites (each with 10 1-ha plots) differ based on their woody species population sizes, but not based on species occurrence or diversity of species. In addition, we discuss the implications of these results for species conservation. Our research indicates that the CT and CR cerrados are complementary, but not equivalent, regarding their representation of savanna vegetation in Central Brazil. We hypothesize that if CR cerrados become the only refuges for savannic vegetation, widespread short-term (through loss of exclusive and habitat specialist species) and long-term (due to fragmentation, reductions in population size and loss of genetic variability) biodiversity losses will occur. Thus, we suggest that savannic environments of the Cerrado on distinct substrates should be considered for improving conservation decision-making and initiatives and when expanding or creating new conservation units.

Key words: Biodiversity conservation, Biodiversity loss, Environmental heterogeneity, Phytogeography patterns, Savanna.

2.3 - INTRODUÇÃO

Savanas cobrem cerca de 20% da superfície terrestre e ocorrem nas regiões de clima tropical, de modo que fazem limites com praticamente todas as formações vegetais tropicais (COLLINSON, 1988). Assim, constituem a unidade de paisagem mais comum nos trópicos (SOLBRIG; YOUNG, 1993). Em função da grande extensão ocupada pelas savanas tropicais, não é surpreendente que haja considerável heterogeneidade de habitats nessas regiões (COLLINSON, 1988; KELLMAN; TACKABERRY, 1997; SOLBRIG; YOUNG, 1993), principalmente em relação às condições topográficas e edáficas (COLE, 1986). De acordo com Collinson (1988), savanas podem ser encontradas tanto em superfícies planas quanto montanhosas, sobre variados tipos de solos. Nesse sentido, em pequenas escalas a composição das comunidades savânicas muda com a geomorfologia e ao longo de gradientes topográficos, os quais, mesmo suaves, são suficientes para induzir alterações nas propriedades edáficas e na disponibilidade hídrica dos solos (KELLMAN; TACKABERRY, 1997).

Na América do Sul, a maior porção de savana ocorre na região central do Brasil (COLE, 1986; SILVA; BATES, 2002), onde é localmente denominada ‘Cerrado’ (FURLEY, 1999; MARRIS, 2005; RATTER; BRIDGEWATER; RIBEIRO, 2006). O Cerrado possui elevada heterogeneidade ambiental e complexo mosaico de vegetação, o qual inclui formações florestais, savânicas e campestres (OLIVEIRA FILHO; RATTER,

2002; RIBEIRO; WALTER, 2008). Sua flora é considerada a mais rica entre as savanas tropicais (SILVA et al., 2006), com 12.356 espécies vasculares nativas catalogadas até 2008 (MENDONÇA et al., 2008). Apesar disso, o Cerrado ficou conhecido como o bioma mais rápida e intensamente destruído na história humana (LATRUBESSE et al., 2009). Sua área de cobertura vegetal original foi reduzida em aproximadamente 39,5%, sem considerar trechos de vegetação nativa sujeitos a diferentes atividades de uso da terra, como pastagem extensiva (SANO et al., 2010b). Além disso, diversos fatores de degradação ambiental acometem grande parte da área remanescente (KLINK; MACHADO, 2005; MARRIS, 2005; SANO et al., 2010b), o que levou a diversidade biológica do Cerrado a ser classificada como gravemente ameaçada (MARRIS, 2005; SILVA; BATES, 2002). A elevada biodiversidade, associada ao alto grau de endemismo e de destruição de habitat levou o Cerrado a ser incluído entre os 35 *hotspots* para conservação da biodiversidade mundial (WILLIAMS et al., 2011).

Apesar de áreas prioritárias para conservação serem indicadas com base na ocorrência de espécies raras e ameaçadas, na riqueza e no nível de endemismo de espécies, nos tipos de vegetação, entre outros critérios (JOPPA et al., 2013; MARGULES; PRESSEY, 2000), estudos realizados no Cerrado têm sugerido que diferenças nos tamanhos das populações também devem constituir importante critério para tal fim, mesmo que haja expressiva sobreposição de ocorrência das espécies nas áreas comparadas (FELFILI; SILVA JÚNIOR, 1993; FELFILI et al., 2004). De fato, os resultados destes estudos têm mostrado que comunidades vegetais apresentam baixa similaridade (elevada diversidade beta) quando a abundância é considerada juntamente com a ocorrência das espécies. Nesse sentido, os tamanhos populacionais realmente parecem constituir importante fator modulador de diferenças entre comunidades vegetais, de modo que devem ser considerados no planejamento e em iniciativas de conservação em longo prazo.

As ações conservacionistas no Cerrado têm considerado que as fitofisionomias savânicas, cujas ocorrências coincidem com solos profundos e bem drenados, são as mais ameaçadas pela supressão da vegetação nativa e fragmentação de habitat, pois são muito visadas para a implantação de atividades agropastoris, principal causa de destruição da vegetação natural (CARVALHO; DE MARCO; FERREIRA, 2009; SANO et al., 2010b). Por outro lado, a vegetação que ocorre em montanhas e serras, onde o relevo é acidentado e íngreme e os solos são rasos e ocupados por afloramentos de rocha, frequentemente não é suprimida e convertida em ecossistemas agropastoris porque a maquinaria agrícola não tem acesso (MACHADO et al., 2004; PINTO; LENZA; PINTO, 2009). Com base nisso,

diferentes autores têm sugerido que as áreas de vegetação savânica sobre afloramentos de rocha nos topos de montanhas constituem verdadeiro refúgio para conservação da biodiversidade (BENITES et al., 2007; LENZA et al., 2011; MACHADO et al., 2004; MARTINELLI, 2007; SANTOS; PINTO; LENZA, 2012a).

Neste trabalho, apresentamos um estudo de caso em dois ambientes savânicos do Brasil Central, com relevos e solos marcadamente distintos, para mostrar como as diferenças na abundância populacional - e a ausência de diferenças na composição e diversidade de espécies - apresentam implicações e perspectivas cruciais para a conservação do componente lenhoso do Cerrado. Partimos da expectativa de que esses tipos de cerrado diferem em relação aos padrões de ocorrência, abundância e diversidade alfa de espécies lenhosas, já que seus substratos diferem largamente em relação às restrições que impõem ao estabelecimento de indivíduos e de espécies (p.ex., profundidade e volume de solo, penetrabilidade de raízes e disponibilidade hídrica) (MOTTA; CURI; FRANZMEIER, 2002; OLIVEIRA FILHO; RATTER, 2002; RIBEIRO; WALTER, 2008). Ao final, avaliamos as consequências da manutenção de cerrados sobre relevo íngreme e solos rasos com afloramentos de rocha, em detrimento de cerrados sobre relevo plano e solos profundos, para a biodiversidade de plantas lenhosas e para as estratégias e iniciativas de conservação do Cerrado.

2.4 - MATERIAL E MÉTODOS

2.4.1 - Áreas de estudo

Conduzimos o estudo em 10 localidades na porção *core* do Cerrado, região central do Brasil, as quais representam ambientes savânicos sobre relevo plano e solos profundos (Cerrado Típico - CT) e sobre relevo íngreme e solos rasos com afloramentos rochosos (Cerrado Rupestre - CR) (Tabela 2.1; Figura 2.1). As localidades que amostramos abrangeram amplitude de seis graus de latitude e seis de longitude e variaram entre 564 e 1.254 m de altitude (Tabela 2.1). O clima das localidades é do tipo tropical continental úmido e sempre quente (Aw de Köppen), com períodos seco (maio a setembro) e chuvoso (outubro a março) bem definidos (SILVA; ASSAD; EVANGELISTA, 2008). As médias anuais de precipitação e de temperatura variaram entre 1.365 e 1.858 mm e de 20,7 a 24,8°C, respectivamente (Tabela 2.1). Mais detalhes da região e das 10 localidades constam de Santos et al. (2012a; 2012b).

Tabela 2.1 - Principais características das 10 localidades e dos 20 sítios adjacentes de Cerrado Típico - CT e Cerrado Rupestre - CR amostrados no Brasil Central. Sítio = nome abreviado; N = número de indivíduos; S = riqueza de espécies; Precipitação e Temperatura em média anual.

Localidade	Sítio	N (ind.ha ⁻¹)	S	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)	Altitude (m)	Declividade (graus)	Coordenadas geográficas
Alto Paraíso de Goiás	ALPA-CT	2.054	72	1.816	21,8	1.179	3,40	14°08'32,9"S e 47°43'04,6"W
	ALPA-CR	1.977	71	1.789	21,9	1.162	5,66	14°09'25,7"S e 47°36'25,6"W
Caldas Novas	CANO-CT	1.658	59	1.439	22,1	1.001	2,58	17°45'33,6"S e 48°41'06,9"W
	CANO-CR	1.357	66	1.409	22,7	901	10,45	17°47'42,2"S e 48°39'50,3"W
Cavalcante	CAVA-CT	1.374	84	1.690	23,9	784	2,27	13°44'58,6"S e 47°24'51,5"W
	CAVA-CR	1.320	80	1.710	23,8	814	11,56	13°47'29,8"S e 47°23'41,9"W
Cristalina	CRIS-CT	1.301	70	1.365	21,0	1.049	2,61	16°43'31,1"S e 47°41'50,5"W
	CRIS-CR	945	80	1.386	20,7	1.123	4,77	16°47'30,6"S e 47°34'22,8"W
Jaraguá	JARA-CT	1.913	63	1.662	23,1	870	8,55	15°47'54,6"S e 49°19'58,6"W
	JARA-CR	1.753	61	1.658	23,5	790	6,49	15°47'33,3"S e 49°20'35,4"W
Mara Rosa	MARA-CT	1.352	82	1.839	24,8	564	9,49	14°02'11,5"S e 49°02'59,2"W
	MARA-CR	1.161	66	1.858	24,8	577	4,88	14°01'53,7"S e 49°00'11,0"W
Mineiros	MINE-CT	3.457	88	1.578	23,3	702	1,06	18°28'58,3"S e 52°01'07,9"W
	MINE-CR	1.800	84	1.637	23,1	760	8,41	17°39'53,1"S e 52°16'39,7"W
Nazário	NAZA-CT	1.184	64	1.488	22,9	844	4,28	16°37'29,8"S e 49°47'05,2"W
	NAZA-CR	1.183	61	1.470	23,4	735	24,98	16°41'00,5"S e 49°45'33,1"W
Piranhas	PIRA-CT	1.078	58	1.708	23,3	756	2,20	16°27'23,0"S e 51°53'46,0"W
	PIRA-CR	931	61	1.702	23,4	725	4,84	16°26'55,0"S e 51°53'58,0"W
Pirenópolis	PIRE-CT	1.148	54	1.561	21,1	1.254	4,37	15°47'52,0"S e 48°49'43,0"W
	PIRE-CR	614	61	1.551	21,4	1.179	3,70	15°48'13,1"S e 48°49'39,9"W

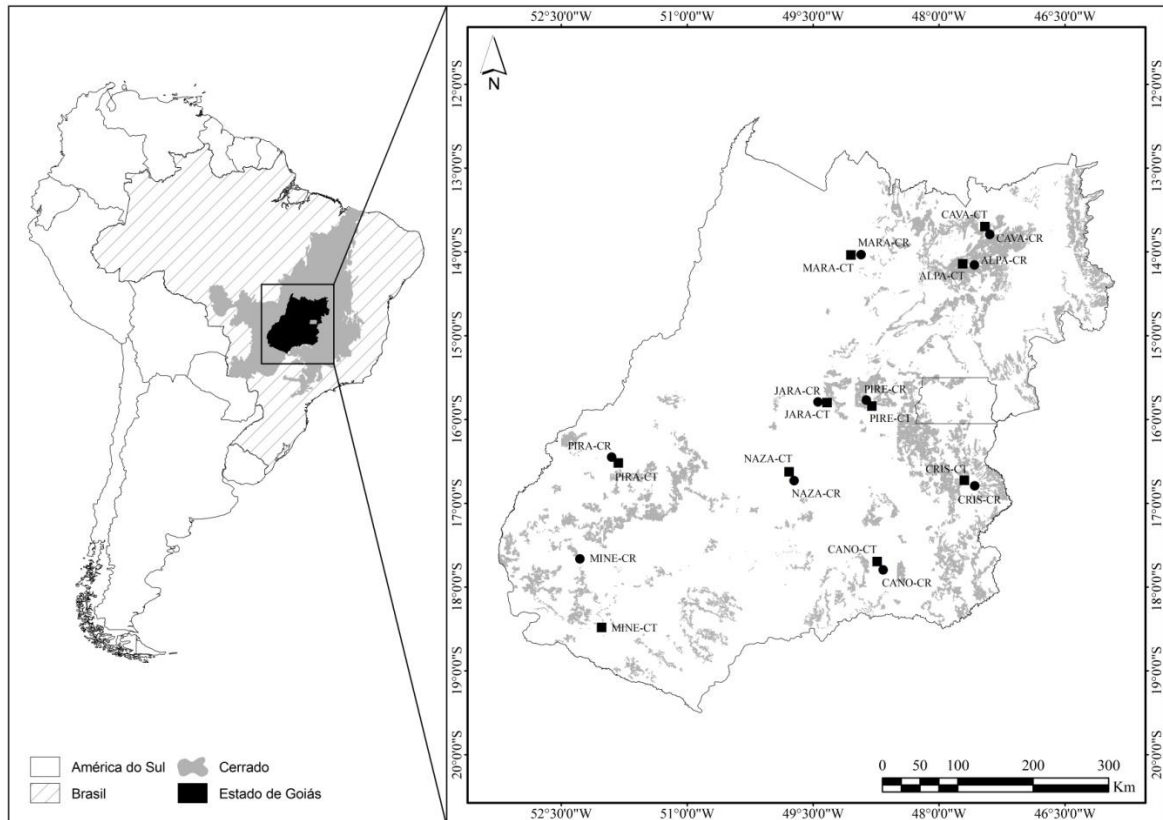


Figura 2.1 - Sítios adjacentes de Cerrado Típico - CT (■) e Cerrado Rupestre - CR (●) amostrados no Brasil Central e suas localizações em relação ao Cerrado e ao Brasil. Abreviatura dos nomes dos sítios vide Tabela 2.1. Distribuição potencial do CR em Goiás (áreas em cinza) segundo Lima (2008).

2.4.2 - Amostragem da vegetação e preparo das matrizes

Em cada localidade investigamos dois sítios adjacentes: um de CT e outro de CR, o que totalizou 20 sítios (Tabela 2.1; Figura 2.1). Para a amostragem da vegetação em cada sítio estabelecemos 10 parcelas de 20 × 50 m (1 ha) com distanciamento de aproximadamente 150 m entre elas (FELFILI; CARVALHO; HAIDAR, 2005). No caso dos sítios de CR, dispusemos a maior extensão das parcelas paralelamente ao gradiente topográfico para captar a variação microambiental (OLIVEIRA FILHO, 1994). Nas parcelas, amostramos todos os indivíduos lenhosos vivos (incluindo monocotiledôneas das famílias Velloziaceae e Arecaceae) que apresentaram diâmetro de base medido a 30 cm do solo ($Db_{30\text{ cm}} \geq 5\text{ cm}$) (FELFILI; CARVALHO; HAIDAR, 2005). Mais informações sobre a amostragem da vegetação e a identificação e classificação taxonômica das espécies estão disponíveis em Santos et al. (2012a; 2012b). A lista completa das espécies registradas e de suas respectivas abundâncias nos 20 sítios consta do Apêndice 1.

Para a análise dos dados, preparamos três matrizes: 1) qualitativa, composta pelo registro de ocorrência das espécies (presença/ausência) nos 20 sítios; 2) quantitativa,

composta pela abundância das populações nos 20 sítios; e 3) espacial, composta pela latitude e pela longitude de cada sítio.

2.4.3 - Análises numéricas

Os métodos que usamos estão detalhados em McCune e Grace (2002) e Legendre e Legendre (2012). Como realizamos comparações entre os ambientes usando dados qualitativos (presença/ausência das espécies) e quantitativos (tamanho populacional), aplicamos as medidas de similaridade de *Sørensen* e de *Bray-Curtis*, respectivamente. Empregamos análises confirmatórias baseadas em diferentes algoritmos para maior confiabilidade dos resultados encontrados. Testamos a autocorrelação espacial (ACE) dos resíduos dos testes estatísticos, pois a violação do pressuposto de independência espacial tende a inflar o erro tipo I (DINIZ-FILHO; BINI; HAWKINS, 2003). Para isso usamos o índice I de Moran e seguimos a opção padrão (*default*) do programa SAM 4.0 (RANGEL; DINIZ-FILHO; BINI, 2010) na definição do número e do intervalo entre as classes de distância. Consideramos o correlograma globalmente significativo quando pelo menos uma classe de distância apresentou p abaixo do nível crítico após correção sequencial de Bonferroni (FORTIN; DALE, 2005). Quando houve ACE nos resíduos dos testes estatísticos, inserimos filtros espaciais (*Moran's Eigenvector Maps* - MEM; DRAY et al., 2006) criados com o pacote *spacemakeR* (DRAY, 2010) do programa R 2.15.1 (R CORE TEAM, 2012).

Empregamos o método de ordenação NMDS (*Non-metric Multidimensional Scaling*) para ordenar os sítios de CT e CR no espaço multidimensional da composição de espécies (NMDS1) e do tamanho populacional (NMDS2). A significância dos eixos foi gerada por 999 permutações (esse mesmo número foi usado nas rarefações, PerMANOVAs e testes de ACE - vide adiante). Observamos que o *stress* foi estabilizado no final das iterações, o que indicou que as soluções encontradas foram estáveis (MCCUNE; GRACE, 2002). Obtivemos os coeficientes de determinação (R^2) das distâncias florísticas das ordenações pelas distâncias florísticas originais entre os sítios. Realizamos os NMDS no programa PC-ORD 6.0 (MCCUNE; MEFFORD, 2011) (esse mesmo programa foi usado nas PerMANOVAs - vide adiante).

Para confirmar os padrões evidenciados pelos NMDS e para comparar os ambientes CT e CR em relação à composição de espécies e ao tamanho populacional aplicamos os métodos MRPP (*Multi-Response Permutation Procedures*) e PerMANOVA (*Permutation-based nonparametric MANOVA*) (ANDERSON, 2001). Adicionalmente, aplicamos Testes

t aos escores dos eixos do NMDS1 e do NMDS2 para comparar os dois ambientes. Confirmamos os pressupostos de homogeneidade de variâncias e de normalidade dos resíduos dos Testes t pelos testes de Levene e de Shapiro-Wilk, respectivamente, no programa PAST 2.15 (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001).

Para descrever a variação na diversidade alfa de espécies, primeiramente aplicamos o método de rarefação baseado no número de indivíduos (GOTELLI; COLWELL, 2001) para igualar o esforço amostral em termos de abundância em cada sítio. A partir da densidade de indivíduos registrada na menor amostra, calculamos a riqueza, a equabilidade e a heterogeneidade de espécies para cada sítio. Como medida de riqueza de espécies, utilizamos o número de espécies obtido por rarefação ($S_{rarefeita}$). Como medida de equabilidade, usamos o índice PIE (*Probability of an Interspecific Encounter*) de Hurlbert (1971) ($PIE_{rarefeita}$). Para medir a heterogeneidade de espécies, empregamos o índice de Shannon (H') ($H'_{rarefeita}$), na base neperiana. Nas análises, empregamos o programa EcoSim 7.72 (GOTELLI; ENTSMINGER, 2001).

Para comparar a diversidade de espécies entre os ambientes empregamos Perfis de Diversidade (TÓTHMÉRÉSZ, 1995) usando a série exponencial de Rényi no programa PAST 2.15 (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001). Adicionalmente, comparamos as medidas rarefeitas de diversidade alfa de espécies ($S_{rarefeita}$, $PIE_{rarefeita}$ e $H'_{rarefeita}$) entre os ambientes mediante PerMANOVA baseada na medida de similaridade de *Bray-Curtis*. Testamos se os resíduos da PerMANOVA apresentavam ACE por meio de correlograma de Mantel (ODEN; SOKAL, 1986) no SAM 4.0, mas não encontramos significância de ACE.

2.5 - RESULTADOS

Os NMDS processados a partir das matrizes qualitativa (NMDS1, Figura 2.2A) e quantitativa (NMDS2, Figura 2.2B) apresentaram distintos padrões de ordenação dos sítios de CT e CR no espaço multidimensional. Se por um lado o NMDS1 não evidenciou clara separação entre CT e CR (Figura 2.2A), por outro o NMDS2 apontou dissociação entre os dois ambientes analisados (Figura 2.2B). As somatórias dos dois primeiros eixos do NMDS1 e do NMDS2 reproduziram, respectivamente, 90,3% e 69,3% das correlações entre as distâncias da ordenação e as distâncias no espaço n -dimensional original (Tabela 2.2).

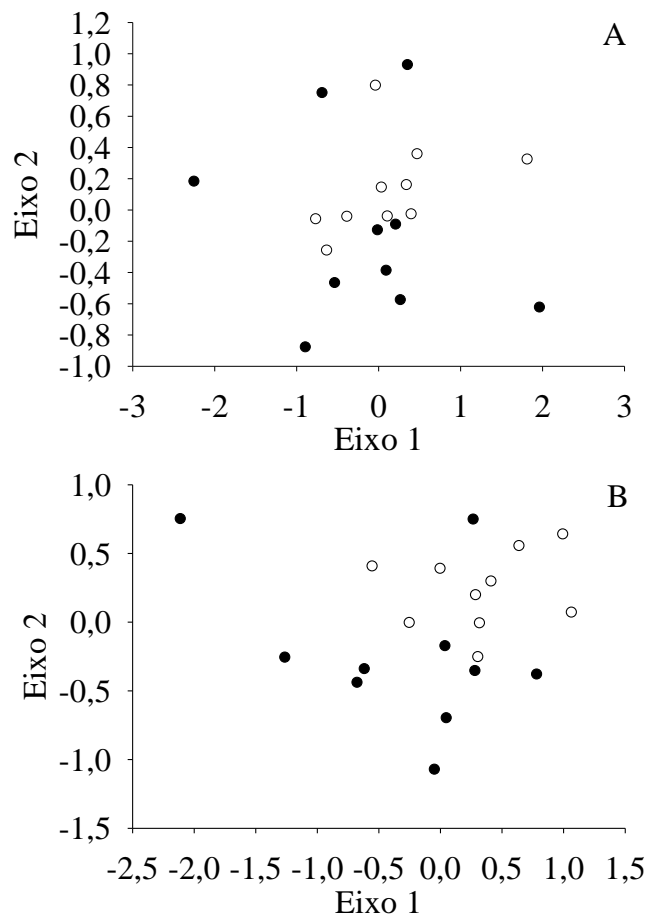


Figura 2.2 - Ordenações qualitativa (NMDS1; A) e quantitativa (NMDS2; B) para composição de espécies entre sítios adjacentes de Cerrado Típico - CT (○) e Cerrado Rupestre - CR (●) amostrados no Brasil Central.

Tabela 2.2 - Resultados numéricos das ordenações qualitativa (NMDS1) e quantitativa (NMDS2) para composição de espécies entre sítios adjacentes de Cerrado Típico - CT e Cerrado Rupestre - CR amostrados no Brasil Central. p = proporção de simulações com *stress* menor ou igual ao *stress* dos dados reais; R^2 = coeficiente de determinação das correlações entre as distâncias florísticas da ordenação e as distâncias no espaço n -dimensional original.

NMDS/Eixo	<i>Stress</i> (médio) nos dados reais*	<i>Stress</i> (médio) nos dados aleatorizados	p	R^2	R^2 acumulado
NMDS1					
Eixo 1	37,01	50,80	0,0196	77,8%	77,8%
Eixo 2	13,16	27,80	0,0196	12,5%	90,3%
NMDS2					
Eixo 1	38,73	46,21	0,0196	56,3%	56,3%
Eixo 2	17,15	23,59	0,0196	13,1%	69,3%

**Stress* final: NMDS1 = 10,69; NMDS2 = 10,04.

Os ambientes CT e CR não formaram grupos consistentes, tanto com base na matriz de composição qualitativa (MRPP, $A = 0,015$; $p = 0,081$; PerMANOVA, $F_{(1, 18)} = 1,631$; $p = 0,069$) quanto nos escores dos eixos do NMDS1 (Teste t eixo 1, $F_{(1, 17)} = 0,512$; $p =$

0,483; Teste t eixo 2, $F_{(1, 15)} = 3,934$; $p = 0,0659$). Contudo, as análises confirmaram que os dois ambientes de cerrado diferem entre si (MRPP, $A = 0,019$; $p = 0,014$; PerMANOVA, $F_{(1, 18)} = 1,777$; $p = 0,010$; Teste t eixo 1, $F_{(1, 17)} = 6,364$; $p = 0,021$; Teste t eixo 2, $F_{(1, 18)} = 5,011$; $p = 0,038$) quando informações sobre a abundância das populações são incluídas.

Os Perfis de Diversidade de espécies revelaram notável variação entre os sítios e mostraram sobreposição da maioria das curvas, mas não evidenciaram diferenças na diversidade alfa entre os ambientes (Figura 2.3). Do mesmo modo, as medidas de diversidade alfa obtidas após rarefação (veja o Apêndice 2) não apresentaram qualquer tendência evidente de que um dos ambientes apresentasse maiores ou menores valores dos parâmetros analisados (PerMANOVA, $F_{(1, 18)} = 0,4282$; $p = 0,5350$).

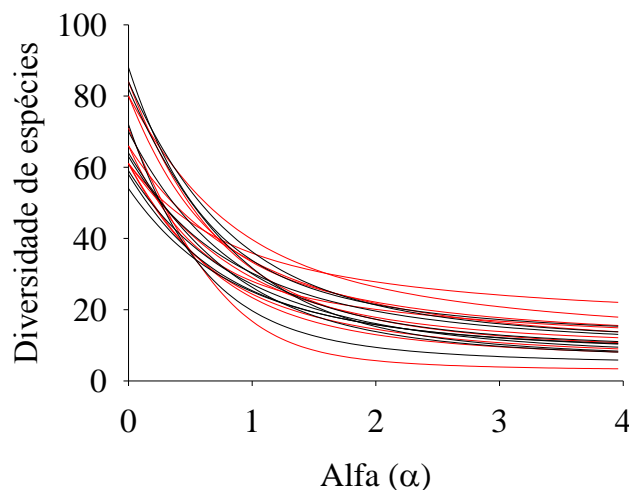


Figura 2.3 - Perfis de Diversidade de espécies lenhosas em sítios adjacentes de Cerrado Típico - CT (linhas pretas) e Cerrado Rupestre - CR (linhas vermelhas) amostrados no Brasil Central.

2.6 - DISCUSSÃO

2.6.1 - Tamanhos populacionais diferem, mas ocorrência e diversidade alfa não

Nossa investigação mostrou que os dois ambientes savânicos adjacentes não diferem em relação à composição de espécies, mas formam grupos consistentes quando consideramos o tamanho das populações (veja o Apêndice 3). Isso é consistente com diversos estudos que destacaram a importância da abundância relativa das espécies para a determinação de padrões florísticos em savanas no Brasil Central (DURIGAN et al., 2003; FELFILI; REZENDE; SILVA-JÚNIOR, 2007; FELFILI; SEVILHA; SILVA-JÚNIOR, 2001; FELFILI; SILVA JÚNIOR, 1993, 2005, 2007; FELFILI et al., 2004; SANTOS; PINTO; LENZA, 2012a; SANTOS et al., 2012b).

Acreditamos que a semelhança na composição qualitativa de espécies entre os dois tipos de cerrado investigados seja reflexo do expressivo conjunto de espécies compartilhadas pelos dois ambientes (cerca de 53% do total neste estudo) (veja SANTOS; PINTO; LENZA, 2012a; SANTOS et al., 2012b). Nossa suposição é apoiada pelas descrições fitogeográficas de Ratter et al. (2006; 2003) e de Bridgewater et al. (2004), as quais mostraram que o Cerrado brasileiro é caracterizado por um conjunto de espécies de ampla distribuição geográfica que contribui, em média, com mais da metade da composição de espécies. Em contrapartida, a dissimilaridade florística quantitativa que registramos entre os ambientes está principalmente relacionada à variação na abundância relativa das populações (Apêndice 3). De fato, os afloramentos rochosos aparentemente reduzem espaço disponível ao estabelecimento, de modo que a vegetação cresce predominantemente nas fendas entre as rochas e a densidade de indivíduos é geralmente variável e dependente do volume de solo (RIBEIRO; WALTER, 2008). Como consequência, frequentemente é registrada em áreas de Cerrado sentido restrito sobre afloramentos rochosos (CR) menor densidade de indivíduos do que em trechos de Cerrado sentido restrito sobre solos profundos (CT), como constatamos em todas as comparações entre os pares de CT e CR que amostramos no Brasil Central.

Se por um lado os afloramentos de rocha ocupam espaço físico e limitam o estabelecimento de indivíduos em ambientes savânicos CR, por outro podem criar condições favoráveis à manutenção de elevada riqueza de espécies e à ocorrência de espécies exclusivas e especialistas em hábitat específico (LENZA et al., 2011; PINTO; LENZA; PINTO, 2009; RIBEIRO; WALTER, 2008; SANTOS; PINTO; LENZA, 2012a; SANTOS et al., 2012b). Isso foi confirmado nos sítios de CR que amostramos, nos quais a densidade de indivíduos foi 21% menor e a riqueza de espécies 18% maior em relação aos de CT. Além disso, a exclusividade de espécies foi de 36% no CR e de 22% no CT. Explicação plausível para este padrão pode estar apoiada na heterogeneidade do substrato nos trechos de CR como resultado do relevo íngreme, desuniforme e com afloramentos de rocha, enquanto no CT o substrato tende a ser mais homogêneo em termos de relevo e profundidade (OLIVEIRA FILHO; RATTER, 2002; RIBEIRO; WALTER, 2008).

Nossos resultados também tornaram claro que assembleias de espécies lenhosas de savanas sobre solos marcadamente distintos não diferem em relação à diversidade alfa. Isso mostra que a estruturação das assembleias, considerando as métricas de riqueza, equabilidade e heterogeneidade de espécies, independe do tipo de substrato. Além disso, nossos resultados corroboram estudos prévios (p.ex., Felfili et al. (2004) e Furley (1999))

que encontraram que savanas do Brasil Central têm expressiva variação na diversidade de espécies lenhosas em pequenas escalas, apesar da aparente uniformidade da vegetação. Nesse sentido, acreditamos que a semelhança na diversidade alfa entre os ambientes parece refletir as respostas da composição e estrutura das assembleias frente às estratégias e principalmente aos ajustes das diferentes espécies aos fatores históricos e às condições ambientais e bióticas locais, em detrimento do tipo de substrato sobre os quais ocorram.

2.6.2 - Implicações para conservação das formações savânicas do Cerrado

Nossos resultados tornam claro que savanas adjacentes sobre solos marcadamente distintos compartilham muitas espécies, mas ao mesmo tempo possuem variação expressiva no tamanho das populações nos dois ambientes. Ademais, cada ambiente possui número considerável de espécies exclusivas, confinadas ao CT ou ao CR, ou especialistas em hábitat específico (p.ex. *Wunderlichia cruelsiana* Taub. e *Tibouchina papyrus* (Pohl) Toledo), como é o caso do CR (veja SANTOS; PINTO; LENZA, 2012a; SANTOS et al., 2012b). Estas diferenças na estrutura da vegetação e na composição da flora, por si só, constituem justificativas bastante plausíveis para que os ambientes CT e CR sejam considerados como complementares e não como equivalentes em termos da representatividade da vegetação savânica no Brasil Central. Neste caso, podemos afirmar que trechos de CR não devem ser considerados como futuros refúgios representativos da flora savânica do Cerrado, em detrimento da supressão da vegetação nativa dos trechos de CT. Assim, sugerimos que não apenas a presença das espécies, mas também a abundância das populações seja considerada como importante parâmetro de seleção de áreas prioritárias para proteção e para tomadas de decisão sobre conservação no Cerrado, conforme sugerido por Felfili et al. (2004). Esta necessidade fica ainda mais evidente quando consideramos que dados de presença têm grande confiabilidade, ao contrário dos dados de ausência das espécies, para os quais é atribuída baixa confiabilidade em função de limitações relacionadas à amostragem.

Destacamos, porém, que quando comparações entre ambientes savânicos CT e CR estiverem em foco, outros aspectos importantes para a conservação das savanas brasileiras devem ser também considerados. É conhecido que os CR ocorrem na forma de pequenos fragmentos distribuídos em mosaico e, normalmente, estão inseridos em outros tipos de vegetação, principalmente os CT (OLIVEIRA FILHO; RATTER, 2002; PINTO; LENZA; PINTO, 2009; RIBEIRO; WALTER, 2008). Assim, a supressão da vegetação circundante em função da crescente mudança no uso da terra promove descontinuidade e isolamento

dos trechos de CR e os tornam verdadeiras ilhas de hábitat. Vários processos secundários de ameaça à biodiversidade em consequência da fragmentação podem então ser listados aqui, como os advindos de mudanças físicas no ambiente (veja SAUNDERS; HOBBS; MARGULES, 1991), da redução do tamanho das populações e da variabilidade genética, da perda de interações mutualísticas e antagônicas, do comprometimento de populações mínimas viáveis (veja NEWMAN et al., 2013) e da interrupção do fluxo de propágulos e de genes (veja RODRIGUEZ-CABAL; AIZEN; NOVARO, 2007). Assim, acreditamos que sob tais condições as áreas protegidas existentes podem não garantir a conservação da elevada riqueza de espécies do Cerrado, especialmente sabendo que a maioria delas tem distribuição geográfica restrita e ocorre em baixa densidade (RATTER; BRIDGEWATER; RIBEIRO, 2003). Isso é particularmente preocupante no Cerrado brasileiro, onde há poucas reservas grandes (maiores que 25.000 hectares), as áreas protegidas não estão uniformemente distribuídas e não formam uma rede (SILVA; BATES, 2002) e apenas 2,9% estão efetivamente contemplados em unidades de proteção integral (FRANÇOSO et al., não publicado).

Concluimos que a sugestão de que os CR podem constituir refúgio para a biodiversidade das formações savânicas do Cerrado como um todo deve ser avaliada com cautela e deve considerar adequadamente princípios ecológicos e de biologia da conservação. Se, no futuro, ambientes de CR vierem mesmo a compor os únicos refúgios para a vegetação savânica nativa do Cerrado brasileiro, acreditamos que haverá efetiva perda de biodiversidade em escalas temporais imediatas (perda de espécies exclusivas/endêmicas e especialistas em hábitat específico) e de longo prazo (processos associados à fragmentação, à redução nos tamanhos populacionais e à perda de interações entre espécies e de funções ecossistêmicas). Sugerimos que ambientes savânicos sobre solos distintos, mesmo que ocorram adjacientemente na paisagem, sejam considerados como ambientes diferentes e complementares nas tomadas de decisão, em iniciativas de conservação e em propostas de criação ou ampliação de Unidades de Conservação no Cerrado.

3 - DESVENDANDO O PAPEL DA VARIABILIDADE EDÁFICA, CLIMÁTICA E ESPACIAL NA VARIAÇÃO FLORÍSTICO-ESTRUTURAL DO CERRADO SENTIDO RESTRITO SOBRE DOIS SUBSTRATOS

3.1 - RESUMO

A relação entre padrões florísticos e variação ambiental tem sido amplamente investigada nas savanas tropicais. Contudo, importantes aspectos dessa relação foram subestudados, como a distância geográfica. Aqui, investigamos a influência concomitante e individual de fatores edáficos, climáticos e espaciais sobre a dissimilaridade florístico-estrutural entre dois ambientes savânicos do Cerrado: um sobre relevo plano e solos profundos (Cerrado Típico - CT) e outro sobre relevo íngreme e solos rasos com afloramentos de rocha (Cerrado Rupestre - CR). Usamos, para tanto, regressões lineares múltiplas (preditores *vs.* variação florístico-estrutural sumarizada em eixos de ordenação) e partição de variância. Nossos resultados mostraram que a dissimilaridade florístico-estrutural entre os ambientes foi fortemente correlacionada com as variáveis geoedafoclimáticas. Os modelos explicaram 84% (eixo 1 da ordenação) e 75% (eixo 2) desta dissimilaridade. Os preditores mais importantes foram relacionados aos solos (principalmente disponibilidade de nutrientes) e à topografia (relevo e altitude). Como consequência, o componente edáfico, por si só, explicou significativamente a maior parte (14%) da variação florístico-estrutural. Acreditamos que clima e espaço, na mesoescala avaliada, podem ter maior influência sobre a variação na estrutura e na composição da vegetação savânica quando ela ocorre em topografia e condições edáficas relativamente homogêneas. Nossos resultados tornaram claro, pela primeira vez, a contribuição concomitante e individual de fatores edáficos, climáticos e espaciais para os padrões de ocorrência e de abundância de espécies lenhosas nas formações savânicas do Cerrado, a mais diversa e ameaçada savana do mundo.

Palavras chave: Heterogeneidade ambiental, Padrões florísticos, Relações vegetação-ambiente-espaço, Savana, Solo.

3.2 - ABSTRACT

The relationship between floristic patterns and environmental variation has been widely investigated in the tropical savannas. However, important aspects of this relationship were poorly studied, such as geographical distance. Here, we investigated the influence of

individual and concomitant edaphic, climatic, and spatial factors on floristic-structural dissimilarity between two savannic environments of the Cerrado: one on plain relief and with deep soils (Typical Cerrado - CT) and another on steep relief with shallow and rocky soils (Rocky Cerrado - CR). We used, therefore, multiple linear regressions (predictors *vs.* floristic-structural variation summarized in axes of ordination) and variance partitioning. Our results showed that the floristic-structural dissimilarity between the environments was strongly correlated with edaphic, climatic, and spatial variables. The models explained 84% (axis 1 of the ordination) and 75% (axis 2) of this dissimilarity. The most important predictors were related to soils (mainly nutrient availability) and topography (relief and altitude). Consequently, the edaphic component by itself, explained the majority (14%) of floristic-structural variation. We believe that climate and space, in the mesoscale assessed, may have greater influence on variation in the structure and composition of savannic vegetation when it occurs in relatively homogeneous topography and soil conditions. Our results clarify, for the first time, the contribution of individual and concomitant edaphic, climatic, and spatial factors for the occurrence and abundance woody species patterns in the savannic formations of the Cerrado biome, the most diverse and threatened savanna in the world.

Key words: Environmental heterogeneity, Floristic patterns, Savanna, Space-environment-vegetation relationships, Soil.

3.3 - INTRODUÇÃO

As savanas tropicais ocupam de 15 a 24,4 milhões de km² do território da América do Sul, da África e da Ásia (SILVA; BATES, 2002), o que as coloca como importante componente da paisagem nessas regiões. Na América do Sul, particularmente, está concentrada a maior área de savana tropical do mundo, a qual é constituída principalmente pelo bioma Cerrado (COLE, 1986; SILVA; BATES, 2002). O Cerrado ocupa originalmente dois milhões de km² (OLIVEIRA FILHO; RATTER, 2002) e abriga grande diversidade edáfica, geológica, geomorfológica, climática e vegetacional (SILVA et al., 2006). Não surpreendentemente, é a savana tropical floristicamente mais rica do mundo (MYERS et al., 2000; SILVA et al., 2006; SILVA; BATES, 2002), com 12.356 espécies vasculares nativas catalogadas até 2008 (MENDONÇA et al., 2008). Além disso, esse bioma comporta elevado nível de endemismo de plantas vasculares, o qual foi estimado por Myers et al. (2000) em 44%. Isso ganha ainda mais destaque quando consideramos que muitas áreas do Cerrado ainda não foram investigadas, de modo que esses números

poderão aumentar à medida que mais inventários biológicos forem realizados (SILVA; BATES, 2002).

Uma das características mais marcantes do Cerrado é a expressiva variação florística e fitofisionômica encontrada em seu território (OLIVEIRA FILHO; RATTER, 2002; OLIVEIRA-FILHO et al., 1989; RIBEIRO; WALTER, 2008). Estudos já mostraram que a estrutura e a composição de espécies da vegetação savânica, predominante no Cerrado, podem mudar claramente mesmo em pequenas distâncias geográficas (p.ex. AMORIM; BATALHA, 2007; DANTAS; BATALHA, 2011; FELFILI; SILVA JÚNIOR, 1993). Contudo, na maioria das vezes o reconhecimento ou a distinção das fitofisionomias do Cerrado é tarefa complexa, pois a substituição da vegetação (densidade e área basal) e da composição de espécies é gradual e forma verdadeiro *continuum* vegetacional (OLIVEIRA FILHO; RATTER, 2002; OLIVEIRA-FILHO et al., 1989; RIBEIRO; WALTER, 2008). Por outro lado, nos locais onde as fitofisionomias podem ser claramente distinguidas, normalmente é encontrada variação marcante nas condições ambientais, especialmente na profundidade, na fertilidade e na dinâmica hídrica dos solos (OLIVEIRA FILHO; RATTER, 2002). Toda essa heterogeneidade da composição e da estrutura da vegetação do Cerrado fez com que a investigação dos seus determinantes ambientais ganhasse maior atenção e direcionamento de esforços de pesquisa científica nas últimas décadas (AMORIM; BATALHA, 2007; DANTAS; BATALHA, 2011; FERREIRA; BUSTAMANTE; DAVIDSON, 2009; MARIMON JUNIOR; HARIDASAN, 2005; OLIVEIRA-FILHO et al., 1989; RUGGIERO et al., 2002; SANTOS; PINTO; LENZA, 2012a).

Apesar disso, identificar os fatores responsáveis pela variação florística e fitofisionômica do Cerrado tem sido historicamente um desafio (GOODLAND; POLLARD, 1973). Estudos têm buscado preencher essa lacuna desde as primeiras investigações ecológicas realizadas no Cerrado. Contudo, ainda não há consenso na literatura sobre os fatores mais importantes para a determinação fitofisionômica do Cerrado (OLIVEIRA FILHO; RATTER, 2002). De modo geral, em escalas maiores o regime de chuva, a fertilidade e a drenagem dos solos, o regime de fogo, as variações altitudinais e o clima passado são apontados como fatores importantes (BRIDGEWATER; RATTER; RIBEIRO, 2004; CASTRO; MARTINS, 1999; OLIVEIRA FILHO; RATTER, 2002; OLIVEIRA-FILHO et al., 1989; RATTER; DARGIE, 1992). Por outro lado, em escalas mais finas a composição e a estrutura da vegetação frequentemente estão relacionadas às variações no relevo (RATTER; DARGIE, 1992), nas propriedades físico-

químicas dos solos (AMORIM; BATALHA, 2007; DANTAS; BATALHA, 2011; OLIVEIRA-FILHO et al., 1989) e na disponibilidade de água no solo (FERREIRA; BUSTAMANTE; DAVIDSON, 2009). Apesar desse reconhecimento geral, ainda faltam informações sobre o papel concomitante e individual dos componentes edáfico, climático e espacial como moduladores dos padrões florísticos e fitofisionômicos do Cerrado. Além disso, muitos estudos enfocados na análise da relação vegetação-ambiente podem não ter encontrado modelos realistas, já que outros importantes fatores, como a distância geográfica entre as localidades, podem não ter sido adequadamente considerados (DINIZ-FILHO et al., 2012).

Aqui, nós investigamos a variação florístico-estrutural da vegetação lenhosa entre dois ambientes adjacentes de Cerrado sentido restrito no Brasil Central para entender as causas dessa dissimilaridade. Esses ambientes podem ser distinguidos na paisagem principalmente de acordo com o substrato sobre os quais ocorrem: o primeiro ocorre sobre relevo plano e solos profundos (Cerrado Típico - CT) e o segundo sobre relevo íngreme e solos rasos e com afloramentos de rocha (Cerrado Rupestre - CR) (RIBEIRO; WALTER, 2008). O CT e o CR também são diferentes quando a composição e a abundância das espécies são consideradas em conjunto (MEWS et al., no prelo; Capítulo 2). Assim, procuramos por relações entre a composição florístico-estrutural e variáveis geoedafoclimáticas para responder as seguintes questões: 1) A variabilidade edáfica, climática e espacial influencia a dissimilaridade florístico-estrutural entre ambientes adjacentes de CT e CR? 2) Se sim, em qual proporção? 3) Qual a contribuição relativa dos componentes edáfico, climático e espacial no controle da variação florístico-estrutural entre esses dois ambientes?

3.4 - MATERIAL E MÉTODOS

3.4.1 - Áreas de estudo

Conduzimos este estudo em 10 localidades na região *core* do Cerrado, porção Central do Brasil, as quais representaram ambientes de Cerrado sentido restrito sobre relevo plano e solos profundos (Cerrado Típico - CT) e sobre relevo íngreme e solos rasos com afloramentos rochosos (Cerrado Rupestre - CR) (Tabela 3.1; Figura 3.1). As localidades que amostramos abrangem amplitude de seis graus de latitude e seis de longitude e variam entre 564 e 1.254 m de altitude (Tabela 3.1). O clima da região é do tipo tropical continental úmido e sempre quente (Aw de Köppen), com períodos seco (inverno) e chuvoso (verão) bem definidos (SILVA; ASSAD; EVANGELISTA, 2008). As

médias anuais de precipitação e de temperatura variaram de 1.365 a 1.858 mm e entre 20,7 e 24,8°C, respectivamente (Tabela 3.1). Mais detalhes das 10 localidades investigadas constam de Santos et al. (2012a; 2012b).

Tabela 3.1 - Principais características das 10 localidades e dos 20 sítios adjacentes de Cerrado Típico - CT e Cerrado Rupestre - CR amostrados no Brasil Central. Sítio = nome abreviado; N = número de indivíduos; S = riqueza de espécies; Precipitação e Temperatura em média anual.

Localidade	Sítio	N (ind.ha ⁻¹)	S	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)	Altitude (m)	Declividade (graus)	Coordenadas geográficas
Alto Paraíso de Goiás	ALPA-CT	2.054	72	1.816	21,8	1.179	3,40	14°08'32,9"S e 47°43'04,6"W
	ALPA-CR	1.977	71	1.789	21,9	1.162	5,66	14°09'25,7"S e 47°36'25,6"W
Caldas Novas	CANO-CT	1.658	59	1.439	22,1	1.001	2,58	17°45'33,6"S e 48°41'06,9"W
	CANO-CR	1.357	66	1.409	22,7	901	10,45	17°47'42,2"S e 48°39'50,3"W
Cavalcante	CAVA-CT	1.374	84	1.690	23,9	784	2,27	13°44'58,6"S e 47°24'51,5"W
	CAVA-CR	1.320	80	1.710	23,8	814	11,56	13°47'29,8"S e 47°23'41,9"W
Cristalina	CRIS-CT	1.301	70	1.365	21,0	1.049	2,61	16°43'31,1"S e 47°41'50,5"W
	CRIS-CR	945	80	1.386	20,7	1.123	4,77	16°47'30,6"S e 47°34'22,8"W
Jaraguá	JARA-CT	1.913	63	1.662	23,1	870	8,55	15°47'54,6"S e 49°19'58,6"W
	JARA-CR	1.753	61	1.658	23,5	790	6,49	15°47'33,3"S e 49°20'35,4"W
Mara Rosa	MARA-CT	1.352	82	1.839	24,8	564	9,49	14°02'11,5"S e 49°02'59,2"W
	MARA-CR	1.161	66	1.858	24,8	577	4,88	14°01'53,7"S e 49°00'11,0"W
Mineiros	MINE-CT	3.457	88	1.578	23,3	702	1,06	18°28'58,3"S e 52°01'07,9"W
	MINE-CR	1.800	84	1.637	23,1	760	8,41	17°39'53,1"S e 52°16'39,7"W
Nazário	NAZA-CT	1.184	64	1.488	22,9	844	4,28	16°37'29,8"S e 49°47'05,2"W
	NAZA-CR	1.183	61	1.470	23,4	735	24,98	16°41'00,5"S e 49°45'33,1"W
Piranhas	PIRA-CT	1.078	58	1.708	23,3	756	2,20	16°27'23,0"S e 51°53'46,0"W
	PIRA-CR	931	61	1.702	23,4	725	4,84	16°26'55,0"S e 51°53'58,0"W
Pirenópolis	PIRE-CT	1.148	54	1.561	21,1	1.254	4,37	15°47'52,0"S e 48°49'43,0"W
	PIRE-CR	614	61	1.551	21,4	1.179	3,70	15°48'13,1"S e 48°49'39,9"W

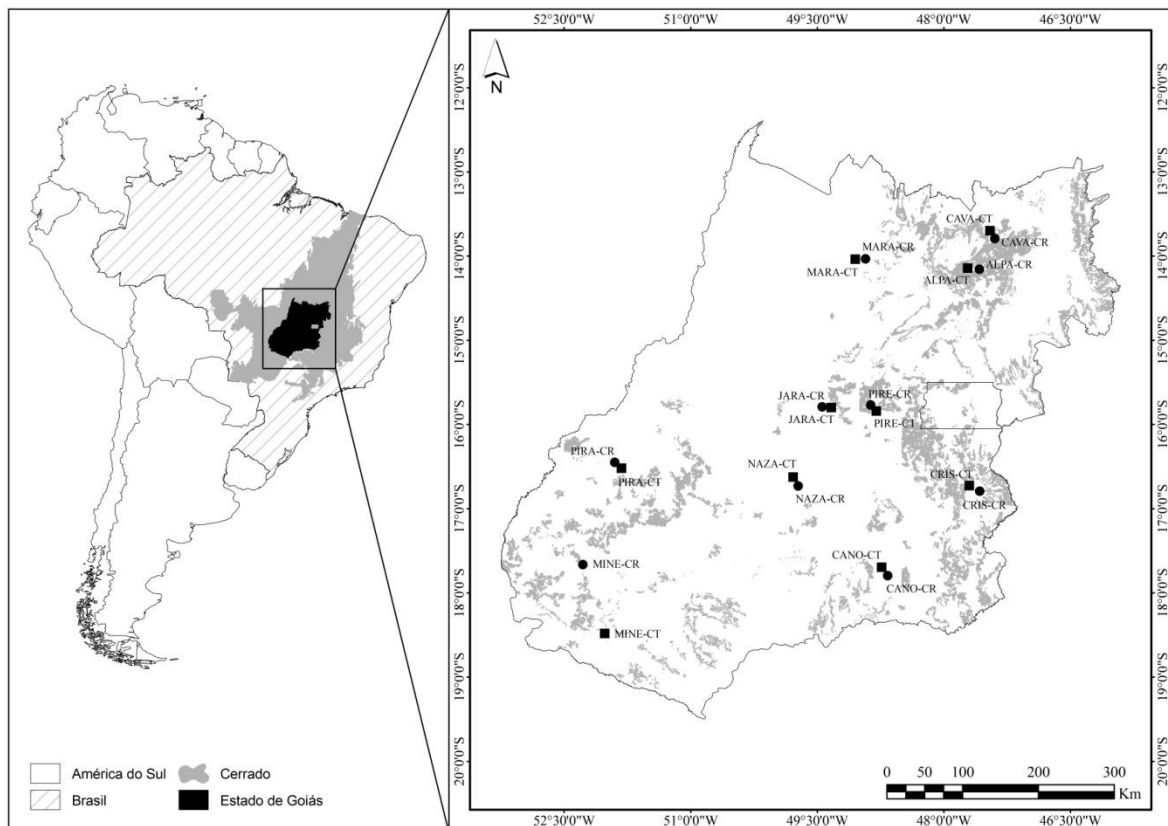


Figura 3.1 - Sítios adjacentes de Cerrado Típico - CT (■) e Cerrado Rupestre - CR (●) amostrados no Brasil Central e suas localizações em relação ao Cerrado e ao Brasil. Abreviatura dos nomes dos sítios vide Tabela 3.1. Distribuição potencial do CR em Goiás (áreas em cinza) segundo Lima (2008).

3.4.2 - Levantamento da vegetação e das variáveis ambientais e preparo das matrizes

Em cada localidade investigamos dois sítios adjacentes, um de CT e outro de CR, totalizando 20 sítios (Tabela 3.1; Figura 3.1). Para a amostragem da vegetação de cada sítio, estabelecemos 10 parcelas de 20×50 m (1 ha) distantes cerca de 150 m entre si (FELFILI; CARVALHO; HAIDAR, 2005). No caso das áreas de CR, dispusemos a maior extensão das parcelas paralelamente ao gradiente topográfico para captar a variação microambiental (OLIVEIRA FILHO, 1994). Nas parcelas, amostramos todos os indivíduos vivos (inclusive monocotiledôneas das famílias Velloziaceae e Arecaceae) que apresentaram diâmetro de base medido a 30 cm do solo ($Db_{30\text{ cm}} \geq 5$ cm (FELFILI; CARVALHO; HAIDAR, 2005). Informações sobre a identificação e classificação taxonômica das espécies estão disponíveis em Santos et al. (2012a; 2012b). A lista completa das espécies registradas e de suas respectivas abundâncias nos 20 sítios consta do Apêndice 1.

Em cada sítio coletamos amostras de solo da camada superficial (0 a 20 cm), a mais correlacionada com a vegetação de Cerrado (RUGGIERO et al., 2002). Coletamos três

subamostras em cada parcela (uma no centro e as outras duas nos vértices diagonais) e as homogeneizamos para formar uma amostra composta. Submetemos as amostras de solo à análise das propriedades físico-químicas, o que gerou 11 variáveis (chamadas de variáveis edáficas). Obtivemos ainda medidas de altitude e de declividade (variáveis topográficas) para cada sítio a partir do Modelo Digital de Elevação SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), cuja resolução espacial é de 90 m (SRTM, 2000). Por fim, obtivemos 14 variáveis bioclimáticas (variáveis climáticas) na base de dados *WorldClim* 1.4, a qual fornece dados com resolução espacial de 1.000 m (HIJMANS et al., 2005). Os nomes e as descrições das 27 variáveis geodafoclimáticas podem ser consultados no Apêndice 4.

Para a análise dos dados, construímos inicialmente as seguintes matrizes: 1) florístico-estrutural, composta pelo registro de ocorrência e de abundância das espécies nos 20 sítios; 2) ambiental, composta pelas variáveis edáficas, topográficas e climáticas; e 3) espacial, composta pela latitude e longitude de cada sítio.

3.4.3 - Análises numéricas

Avaliamos os efeitos das variáveis geodafoclimáticas sobre a variação florístico-estrutural por meio de modelos de regressão linear múltipla (*Ordinary Least Squares* - OLS). Usamos os escores dos dois primeiros eixos significativos ($p < 0,05$) do NMDS2 de Mews et al. (no prelo; Capítulo 2) como variáveis respostas (veja Tabela 2.2 e Figuras 2.2 e 3.2). Inicialmente, utilizamos uma matriz de correlação de Pearson para descartar variáveis preditoras com baixas correlações ($r \leq 0,1$) com as variáveis respostas e para identificar variáveis colineares entre si ($r > 0,8$). Removemos as colinearidades ao manter apenas a variável mais importante ($> r$ com o respectivo eixo do NMDS) em cada grupo de variáveis colineares. A partir das variáveis remanescentes (veja o Apêndice 5), selecionamos o modelo com menor Critério de Informação de Akaike corrigido (*Akaike Information Criterion corrected* - AICc) (BURNHAM; ANDERSON, 2002) e o submetemos à análise de multicolinearidade mediante o cálculo do Fator de Inflação da Variância (*Variance Inflation Factor* - VIF) das variáveis preditoras, cujos valores deveriam ser menores que 10 (QUINN; KEOUGH, 2002).

Testamos a autocorrelação espacial (ACE) nos resíduos dos modelos completos (obtidos antes da seleção pelo AICc) e dos modelos selecionados para confirmar a independência desses resíduos (DINIZ-FILHO; BINI; HAWKINS, 2003). Testamos também a ACE nas variáveis preditoras e na variável resposta de cada modelo, pois a ACE presente nas variáveis também pode inflar o erro tipo I, independentemente da avaliação

dos resíduos (LANDEIRO; MAGNUSSON, 2011; LEGENDRE et al., 2002). Usamos o índice I de Moran como indicador de ACE e mantivemos a opção padrão (*default*) do programa SAM 4.0 (RANGEL; DINIZ-FILHO; BINI, 2010) na definição do número e do intervalo entre as classes de distância. Obtivemos os valores de significância (p) pelo teste de Monte Carlo (MANLY, 2007) e consideramos o correlograma globalmente significativo quando pelo menos uma classe de distância apresentou p abaixo do nível crítico após correção sequencial de Bonferroni (FORTIN; DALE, 2005).

Não encontramos ACE significativa nos resíduos dos modelos de ambos os eixos do NMDS. Por outro lado, encontramos ACE na variável resposta e em pelo menos um dos preditores presentes no primeiro modelo (eixo 1). Para tratar essa ACE, ajustamos um modelo de regressão linear de efeitos mistos (*Linear Mixed-Effects Model* - LME), o qual considera que o resultado e os erros esperados são espacialmente autocorrelacionados (PINHEIRO et al., 2012). Adicionalmente, usamos um modelo espacial autorregressivo baseado no algoritmo CAR (*Conditional Autorregression*) (CRESSIE; WIKLE, 2011). Como as significâncias das variáveis predictoras não foram alteradas após o ajuste destes modelos, optamos por não apresentar os resultados.

Aferimos ainda os pressupostos de normalidade dos resíduos dos modelos OLS selecionados pelo teste de Shapiro-Wilk e de homocedasticidade e linearidade por meio da visualização gráfica dos valores preditos pelos modelos *vs.* resíduos (QUINN; KEOUGH, 2002). Testamos a estacionariedade dos modelos mediante comparação entre os modelos OLS e os de Regressão Geograficamente Ponderada (*Geographically Weighted Regression* - GWR; FOTHERINGHAM; BRUNSDON; CHARLTON, 2002), os quais fazem estimativas locais dos coeficientes de regressão. Como não houve incremento do GWR sobre o OLS para os modelos 1 ($F_{(8,38, 7,62)}=1,39; p = 0,3371$) e 2 ($F_{(10,08, 4,92)} = 0,81; p = 0,6388$), confirmamos a estacionariedade (RANGEL; DINIZ-FILHO; BINI, 2010) e não apresentamos os resultados dos modelos GWR.

Finalmente, dividimos o conjunto de variáveis predictoras da variação na composição florístico-estrutural entre os ambientes em frações puras edáfica (A), climática (B) e espacial (C), em frações compartilhadas entre elas e em fração não explicada (Resíduos). Usamos, para tanto, a análise de Partição de Variância baseada em modelos de Análise de Redundância (*Redundancy Analysis* - RDA) (DRAY et al., 2012; LEGENDRE; BORCARD; ROBERTS, 2012). Como o ambiente pode influenciar a vegetação em diferentes escalas, para esta análise dividimos a matriz ambiental em uma de variáveis edáficas e de relevo (chamada de fração edáfica) e em outra de variáveis climáticas e de

altitude (chamada de fração climática). Realizamos a seleção progressiva (*forward selection*) das variáveis ambientais mediante o algoritmo desenvolvido por Blanchet et al. (2008). Eliminamos as espécies que ocorreram em apenas um sítio e submetemos a matriz de composição florístico-estrutural à transformação de *Hellinger*, como sugerido por Legendre e Gallagher (2001) para análises lineares como a RDA. Usamos Análise de Variância (*Analysis of Variance* - ANOVA) para testar a significância das frações puras (A, B e C).

As análises numéricas que usamos foram detalhadas por McCune e Grace (2002) e Legendre e Legendre (2012). Para processar as análises, usamos os seguintes programas: PC-ORD 6.0 (MCCUNE; MEFFORD, 2011) para NMDS; PAST 2.15 (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001) para matriz de correlação de Pearson e testes de normalidade de Shapiro-Wilk; SAM 4.0 (RANGEL; DINIZ-FILHO; BINI, 2010) para ACE e regressões OLS, GWR e CAR; R 2.15.1 (R CORE TEAM, 2012) para Partição de Variância [pacotes *vegan* (OKSANEN et al., 2013), *spdep* (BIVAND et al., 2013), *packfor* (DRAY; LEGENDRE; BLANCHET, 2011) e *spacemakeR* (DRAY, 2010)] e modelos LME [pacote *nlme* (PINHEIRO et al., 2012)]. Empregamos 999 aleatorizações em métodos baseados em permutação (NMDS e testes de Monte Carlo) e adotamos nível de significância (α) de 5% em todas as análises.

3.5 - RESULTADOS

A dissimilaridade florístico-estrutural entre os ambientes CT e CR foi fortemente influenciada por variáveis geodafoclimáticas (Tabela 3.2). O primeiro modelo explicou 84% (R^2 ajustado) da variação sumarizada no eixo 1 da ordenação NMDS e teve como principais preditores a precipitação do trimestre mais quente, a altitude e o pH em Cálcio no solo (Tabela 3.2). De modo semelhante, o segundo modelo explicou 75% (R^2 ajustado) da variação florístico-estrutural reproduzida no eixo 2 da mesma ordenação e indicou como variáveis preditoras a declividade e os teores de Cálcio, de Fósforo e de matéria orgânica no solo (Tabela 3.2). Além disso, outras variáveis não incluídas nos modelos finais de regressão também tiveram forte correlação com os padrões florístico-estruturais que investigamos, como teor de argila e porcentagem de saturação de alumínio no solo para o eixo 1 e capacidade de troca catiônica e teor de Potássio no solo para o eixo 2 (Tabela 3.3).

Tabela 3.2 - Modelos de regressão linear múltipla (OLS) entre variáveis geodafoclimáticas e escores dos eixos do NMDS para sítios adjacentes de Cerrado Típico - CT e Cerrado Rupestre - CR amostrados no Brasil Central. p = significância do teste.

Eixo/modelo/variável	Coefficiente padronizado	Erro-Padrão	Coefficiente não padronizado	Erro-Padrão	p (Coef. não padronizado)
Eixo/modelo 1 ($R^2_{aj.} = 0,84$; $F_{(3, 16)} = 36,127$; $p < 0,0001$)					
Constante			-8,3586	1,3648	>0,0001**
Precipitação do trimestre mais quente	0,3471	0,0909	0,0029	0,0007	0,0015**
Altitude	-0,3817	0,0938	-0,0013	0,0003	0,0008**
pH em Cálcio	0,6780	0,0929	2,3457	0,3216	>0,0001**
Eixo/modelo 2 ($R^2_{aj.} = 0,75$; $F_{(4, 15)} = 15,768$; $p < 0,0001$)					
Constante			1,1919	0,1663	>0,0001**
Declividade do terreno	-0,3005	0,1217	-0,0281	0,0114	0,0260*
Cálcio	-0,4027	0,1236	-0,9942	0,3051	0,0052**
Fósforo	-0,6065	0,1235	-0,1521	0,0310	0,0001**
Matéria orgânica	-0,3091	0,1212	-0,1036	0,0406	0,0221*

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

Tabela 3.3 - Correlações de Pearson entre variáveis preditoras pré-selecionadas ($r \geq 0,1$) e escores dos eixos do NMDS para sítios adjacentes de Cerrado Típico - CT e Cerrado Rupestre - CR amostrados no Brasil Central.

Variáveis	Escores do eixo 1	Escores do eixo 2
Estacionalidade de temperatura	0,367	-
Precipitação média anual	-	0,322
Precipitação do trimestre mais quente	0,369	-
Precipitação do trimestre mais frio	-	-0,205
Altitude	-0,601	-
Declividade do terreno	-	-0,499
Cálcio	-	-0,290
Alumínio	-	-0,322
Potássio	0,403	-0,336
Fósforo	-0,113	-0,625
Matéria orgânica	-0,283	-0,521
Capacidade de troca catiônica	-0,392	-0,531
Porcentagem de saturação de Alumínio	-0,446	-
pH em Cálcio	0,757	-
Argila	0,523	0,216

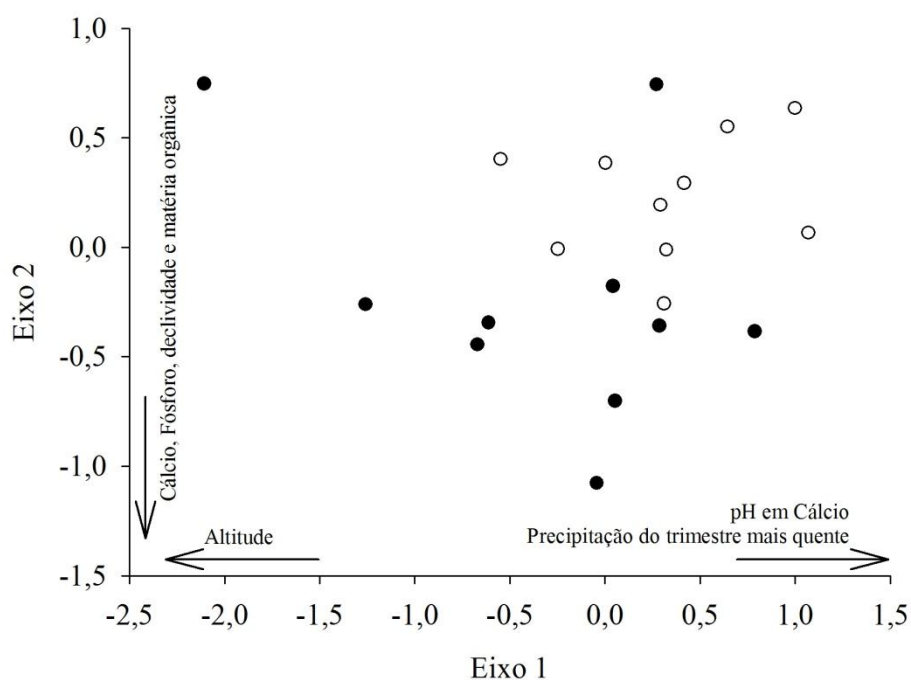


Figura 3.2 - Ordenação NMDS para composição de espécies em sítios adjacentes de Cerrado Típico - CT (○) e Cerrado Rupestre - CR (●) amostrados no Brasil Central. Setas mostram correlações (Pearson) positivas e negativas entre preditores selecionados nos modelos finais de regressão e escores dos eixos 1 e 2 do NMDS.

A fração puramente edáfica (A) foi evidentemente mais importante que as frações puras climática (B) e espacial (C) para explicar a variação na composição florístico-estrutural entre os ambientes CT e CR (Figura 3.3). Assim, apenas a fração edáfica foi significativa (edáfica, $F_{(4, 10)} = 1,66$; $p = 0,005$; climática, $F_{(3, 10)} = 1,32$; $p = 0,062$; espacial, $F_{(2, 10)} = 1,41$; $p = 0,062$). As frações compartilhadas (D, E e F) apresentaram pequena contribuição e a fração não explicada (Resíduos) foi elevada (Figura 3.3).

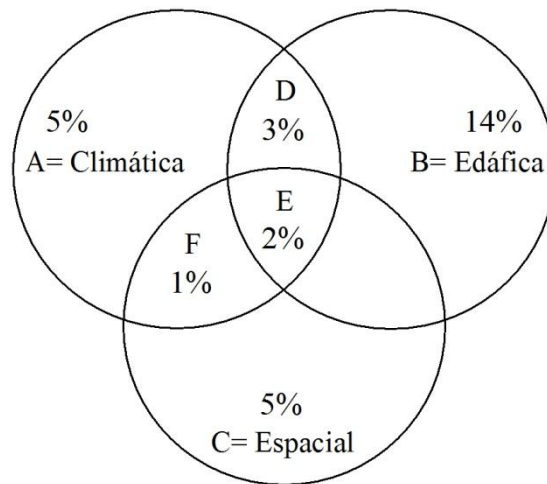


Figura 3.3 - Partição de variância entre os componentes que explicam a variação na composição florístico-estrutural entre sítios adjacentes de Cerrado Típico - CT e Cerrado Rupestre - CR amostrados no Brasil Central. A, B e C = frações puras; D, E e F = frações compartilhadas; Resíduos = 71%; Valores < 0 não são mostrados.

3.6 - DISCUSSÃO

Nossos resultados tornaram claro que a dissimilaridade florístico-estrutural entre os ambientes CT e CR, detalhadamente mostrada por Mews et al. (no prelo; Capítulo 2), foi fortemente correlacionada com as variáveis geodafoclimáticas. Isso corrobora outros estudos que apontaram fatores edáficos, topográficos e climáticos como importantes moduladores dos padrões de distribuição da vegetação e da flora lenhosa do Cerrado (p.ex. CASTRO; MARTINS, 1999; FELFILI et al., 2008; GOODLAND; POLLARD, 1973; OLIVEIRA FILHO; RATTER, 1995, 2002; SANTOS; PINTO; LENZA, 2012a). Contudo, nossos achados contrariam outros trabalhos que não encontraram essa relação (p.ex. AMORIM; BATALHA, 2007; MARIMON JUNIOR; HARIDASAN, 2005; RUGGIERO et al., 2002), o que mostra que os resultados são, de forma geral, conflitantes.

No caso dos ambientes CT e CR adjacentes, mostramos que a dissimilaridade florístico-estrutural corresponde principalmente às variações nas propriedades edáficas e topográficas. Isso, de fato, não foi surpresa, pois os substratos sob esses ambientes diferem largamente em relação ao relevo, à heterogeneidade e às restrições que impõem ao estabelecimento de indivíduos e de espécies em função de diferenças na profundidade e no volume de solo, na penetrabilidade de raízes e na disponibilidade hídrica (MOTTA; CURI; FRANZMEIER, 2002; OLIVEIRA FILHO; RATTER, 2002; RIBEIRO; WALTER, 2008). Assim, acreditamos que na mesoescala avaliada um conjunto de variáveis edáficas e topográficas pode explicar porção substancial da variação na ocorrência e abundância de espécies lenhosas em formações savânicas do Cerrado.

Mais especificamente, a variação na ocorrência e abundância das espécies lenhosas entre ambientes CT e CR está relacionada às oscilações na disponibilidade de nutrientes nos solos e às variações altitudinais e no relevo local. De fato, os sítios de CT foram positivamente correlacionados com teor de matéria orgânica, de Cálcio e de Fósforo no solo e ocorreram em áreas com declividade média de quatro graus. Em contrapartida, os sítios de CR foram negativamente relacionados à matéria orgânica e à disponibilidade de nutrientes e estavam situados em terrenos cuja declividade média atingiu 8,6 graus. Nossos resultados são consistentes com os achados de Eiten (1972) e de Goodland e Pollard (1973), que encontraram relação entre a substituição fitofisionômica do Cerrado e gradientes de fertilidade. Todavia, acreditamos que as diferenças no teor de matéria orgânica no solo tenham sido o mais importante fator de influência sobre os padrões florístico-estruturais que investigamos. A matéria orgânica fornece agregação e estabilidade às argilas, o que favorece a movimentação da água e do ar através do solo e permite a penetração das raízes com pequena dificuldade (MOTTA; CURI; FRANZMEIER, 2002). Além disso, teores mais elevados de matéria orgânica são relacionados à maior disponibilidade de nutrientes nos solos, o que explica a grande importância dos teores de Cálcio e de Fósforo para os padrões florístico-estruturais aqui investigados. Sugerimos, portanto, que ambientes de Cerrado sentido restrito Típico e Rupestre adjacentes e em diferentes altitudes e relevos formam mosaicos de habitats edaficamente heterogêneos em pequena escala, o que explica, pelo menos em parte, a dissimilaridade florístico-estrutural entre eles.

Confirmando os resultados dos modelos de regressão, a partição de variância revelou que os solos explicaram a maior parte da variação florístico-estrutural entre os ambientes CT e CR, de modo que apenas a fração edáfica foi significativa. Por outro lado, clima e espaço tiveram pequena influência sobre essa dissimilaridade. Apesar desse reconhecimento geral, acreditamos que na mesoescala avaliada o clima também pode influenciar significativamente a composição e a abundância da flora entre os ambientes CT e CR. Isso foi evidenciado pela presença de uma variável climática nos modelos finais de regressão e pelas fortes correlações que encontramos entre variáveis climáticas não incluídas nos modelos finais e a variação florístico-estrutural. No entanto, no caso dos ambientes CT e CR adjacentes, as expressivas variações nas propriedades físico-químicas dos solos e na topografia (veja o Apêndice 5) parecem ter tornado o clima, que é relativamente homogêneo na região (SILVA; ASSAD; EVANGELISTA, 2008), menos efetivo para explicar variações na ocorrência e abundância de espécies lenhosas. Nossa

suposição é apoiada pelos resultados do estudo de Santos et al. (2012a). Esses autores encontraram modelo edafoclimático como preditor das variações florísticas quando a composição da flora foi analisada apenas nos sítios de CR aqui investigados, ou seja, quando o tipo de substrato não foi marcadamente distinto.

A porção da variação florístico-estrutural não explicada pelos componentes edáfico, climático e espacial em suas frações puras e compartilhadas foi elevada. Isso demonstra que na mesoescala avaliada, outros importantes fatores de influência sobre a vegetação e a flora não foram mensurados. No caso dos ambientes CT e CR adjacentes, especificamente, acreditamos que diferenças na profundidade efetiva do solo e na sua dinâmica hídrica (veja OLIVEIRA FILHO; RATTER, 2002; RIBEIRO; WALTER, 2008) possam compor os mais importantes preditores não mensurados, como também sugerido por Oliveira-Filho et al. (1989) e Ruggiero et al. (2002). Contudo, as análises que usamos usualmente removem os efeitos de padrões espaciais gerados por variáveis não consideradas (FORTIN; DALE, 2005). Dessa maneira, o componente edáfico de fato parece exercer alguma influência sobre a composição florístico-estrutural entre ambientes savânicos do Cerrado.

Concluimos que formações savânicas sobre substratos marcadamente distintos no Brasil Central têm sua composição florístico-estrutural fortemente influenciada por variáveis geoedafoclimáticas. Contudo, diferenças na ocorrência e na abundância das espécies lenhosas são reguladas principalmente por propriedades relacionadas à topografia e aos solos. Clima e espaço, na mesoescala avaliada, podem ter influência mais destacada sobre a vegetação e a flora quando os ambientes investigados são relativamente homogêneos em termos de suas propriedades edáficas e topográficas. Nossos resultados tornaram claro, pela primeira vez, a contribuição concomitante e individual de fatores edáficos, climáticos e espaciais para os padrões de ocorrência e de abundância de espécies lenhosas do Cerrado, a savana mais diversa e ameaçada do mundo. Sugerimos, por fim, que estudos futuros incluam informações relativas à profundidade e à dinâmica da água no solo como variáveis preditoras dos padrões florísticos e vegetacionais.

4 - CONCLUSÕES GERAIS

Neste estudo, mostramos que ambientes adjacentes de Cerrado sentido restrito Típico (CT) e Rupestre (CR) formam grupos consistentes quando a ocorrência e a abundância das populações são consideradas concomitantemente, mas não diferem em relação à ocorrência e à diversidade alfa de espécies lenhosas. Estes achados têm implicações cruciais para a conservação, pois diferenças nos tamanhos populacionais têm sido apontadas como importante modulador da variação das comunidades vegetais e como promotor de elevada diversidade beta em formações savânicas na região central do Brasil. Assim, acreditamos que a sugestão de que o CR pode constituir refúgio para a biodiversidade das formações savânicas do bioma Cerrado como um todo deve ser avaliada com cautela e, ainda, considerar adequadamente princípios ecológicos e de conservação da biodiversidade.

Os nossos resultados também tornaram claro que a dissimilaridade florístico-estrutural entre CT e CR está correlacionada com as variáveis geoedafoclimáticas e corresponde, principalmente, às variações nas propriedades físico-químicas dos solos (principalmente disponibilidade de nutrientes) e na topografia (relevo e altitude). Estes achados revelaram que o componente edáfico pode, por si só, explicar a maior parte da variação florístico-estrutural entre ambientes savânicos do Cerrado cujos substratos sejam distintos. Contudo, acreditamos que na mesoescala avaliada o clima e o espaço podem ter maior influência sobre a estrutura e a flora da vegetação savânica quando ela ocorre em topografia e condições edáficas relativamente homogêneas.

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. F. et al. Influence of edaphic variables on the floristic composition and structure of the tree-shrub vegetation in typical and rocky outcrop cerrado areas in Serra Negra, Goiás State, Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 35, n. 3, p. 259–272, 2012.

ALVES, R. J. V.; CARDIN, L.; KROPF, M. S. Angiosperm disjunction “Campos Rupestres - restingas”: a re-evaluation. **Acta Botanica Brasilica**, v. 21, n. 3, p. 675–685, 2007.

ALVES, R. J. V.; KOLBEK, J. Plant species endemism in savanna vegetation on table mountains (campo Rupestre) in Brazil. **Vegetatio**, v. 113, n. 2, p. 125–139, 1994.

AMORIM, P. K.; BATALHA, M. A. Soil-vegetation relationships in hyperseasonal cerrado, seasonal cerrado, and wet grassland in Emas National Park (central Brazil). **Acta Oecologica**, v. 32, n. 3, p. 319–327, 2007.

ANDERSON, M. J. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. **Austral Ecology**, v. 26, n. 1, p. 32–46, 2001.

APG III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 161, n. 2, p. 105–121, 2009.

AQUINO, F. G.; PINTO, J. R. R.; RIBEIRO, J. F. Evolução histórica do conceito de savana e a sua relação com o Cerrado brasileiro. **ComCiência**, 2009.

ARRUDA, M. B. et al. Ecorregiões, Unidades de Conservação e representatividade ecológica do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 229–272.

ASSUNÇÃO, S. L.; FELFILI, J. M. Fitossociologia de um fragmento de cerrado sensu stricto na APA do Paranoá, DF, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 4, p. 903–909, 2004.

BATALHA, M. A. O cerrado não é um bioma. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 1, p. 21–24, 2011.

BENITES, V. M. et al. Solos e vegetação nos complexos Rupestres de altitude da Mantiqueira e do Espinhaço. **Floresta e Ambiente**, v. 10, n. 1, p. 76–85, 2003.

BENITES, V. M. et al. Soils associated with rock outcrops in the Brazilian mountain ranges Mantiqueira and Espinhaço. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 4, p. 569–577, 2007.

BIVAND, R. et al. **spdep: Spatial dependence: weighting schemes, statistics and models**.

BLANCHET, F. G.; LEGENDRE, P.; BORCARD, D. Forward selection of explanatory variables. **Ecology**, v. 89, n. 9, p. 2623–2632, 2008.

- BRIDGEWATER, S.; RATTER, J. A.; RIBEIRO, J. F. Biogeographic patterns, B-diversity and dominance in the cerrado biome of Brazil. **Biodiversity and Conservation**, v. 13, p. 2295–2318, 2004.
- BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. **Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach**. 2. ed. New York: Springer-Verlag, 2002.
- CAIAFA, A. N.; SILVA, A. F. Composição florística e espectro biológico de um campo de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro. **Rodriguésia**, v. 56, n. 87, p. 163–173, 2005.
- CARVALHO, F. M. V.; DE MARCO, P.; FERREIRA, L. G. The Cerrado into-pieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. **Biological Conservation**, v. 142, n. 7, p. 1392–1403, 2009.
- CASTRO, A. A. J. F.; MARTINS, F. R. Cerrados do Brasil e do Nordeste: caracterização, área de ocupação e considerações sobre a sua fitodiversidade. **Pesquisa Foco**, v. 7, n. 9, p. 147–178, 1999.
- COCHRANE, T. T. et al. **Land in Tropical America**. Cali: CIAT/Embrapa-CPAC, 1985. p. 147
- COLE, M. M. The savannas of South America. In: COLE, M. M. (Ed.). **The Savannas: biogeography and geobotany**. London: Academic Press, 1986. p. 56–58.
- COLLINSON, A. S. Tropical formations with conspicuous grasslands: savannas. In: COLLINSON, A. S. (Ed.). **Introduction to World Vegetation**. London: Unwin Hyman Ltd, 1988. p. 232–248.
- COUTINHO, L. M. O conceito de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 1, p. 17–23, 1978.
- COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 1, p. 13–23, 2006.
- CRESSIE, N.; WIKLE, C. K. **Statistics for Spatio-Temporal Data**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.
- DANTAS, V. L.; BATALHA, M. A. Vegetation structure: Fine scale relationships with soil in a cerrado site. **Flora**, v. 206, n. 4, p. 341–346, 2011.
- DINIZ-FILHO, J. A. F. et al. Spatial autocorrelation analysis allows disentangling the balance between neutral and niche processes in metacommunities. **Oikos**, v. 121, n. 2, p. 201–210, 2012.
- DINIZ-FILHO, J. A. F.; BINI, L. M.; HAWKINS, B. A. Spatial autocorrelation and red herrings in geographical ecology. **Global Ecology and Biogeography**, v. 12, n. 1, p. 53–64, 2003.

DRAY, S. **spacemaker: Spatial modelling**. Disponível em: <<http://r-forge.r-project.org/projects/sedar/>>. Acesso em: 2 jul. 2012.

DRAY, S. et al. Community ecology in the age of multivariate multiscale spatial analysis. **Ecological Monographs**, v. 82, n. 3, p. 257–275, 2012.

DRAY, S.; LEGENDRE, P.; BLANCHET, G. **packfor: Forward Selection with permutation**.

DRAY, S.; LEGENDRE, P.; PERES-NETO, P. R. Spatial modelling: a comprehensive framework for principal coordinate analysis of neighbour matrices (PCNM). **Ecological Modelling**, v. 196, n. 3-4, p. 483–493, 2006.

DURIGAN, G. et al. Padrões fitogeográficos do cerrado paulista sob uma perspectiva regional. **Hoehnea**, v. 30, n. 1, p. 39–51, 2003.

EITEN, G. The cerrado vegetation of Brazil. **The Botanical Review**, v. 38, n. 2, p. 201–341, 1972.

EITEN, G. Delimitação do conceito de cerrado. **Arquivos do Jardim Botânico**, v. 21, p. 125–134, 1977.

EITEN, G. Brazilian “savannas.” In: HUNTLEY, B. J.; WALKER, B. H. (Eds.). **Ecology of Tropical Savannas**. Berlin: Springer-Verlag, 1982. p. 25–47.

EITEN, G. The use of the term “savanna.” **Tropical Ecology**, v. 27, n. 1, p. 10–23, 1986.

EITEN, G. Natural Brazilian vegetation types and their causes. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 64, n. Supl. 1, p. 35–65, 1992.

EITEN, G. Vegetação do cerrado. In: PINTO, N. M. (Ed.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília: UnB/SEMATEC, 1994. p. 17–73.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa, 2013. p. 353.

FELFILI, J. M. et al. Diversity, floristic and structural patterns of cerrado vegetation in Central Brazil. **Plant Ecology**, v. 175, n. 1, p. 37–46, 2004.

FELFILI, J. M. et al. Padrões Fitogeográficos e sua Relação com Sistemas de Terra no Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 213–228.

FELFILI, J. M.; CARVALHO, F. A.; HAIDAR, R. F. **Manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos biomas Cerrado e Pantanal**. Brasília: Universidade de Brasília, 2005.

FELFILI, J. M.; REZENDE, A. V.; SILVA-JÚNIOR, M. C. **Biogeografia do Bioma Cerrado: vegetação e solos da Chapada dos Veadeiros**. Brasília: Universidade de Brasília, 2007. p. 256.

FELFILI, J. M.; SEVILHA, A. C.; SILVA-JÚNIOR, M. C. Comparação entre as unidades fisiográficas Chapada Pratinha, Veadeiros e Espigão Mestre do São Francisco. In: FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C. (Eds.). **Biogeografia do bioma Cerrado: estudo fitofisionômico na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco**. Brasília: Universidade de Brasília, 2001. p. 80–94.

FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C. A comparative study of Cerrado (Sensu stricto) vegetation in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 9, n. 3, p. 277–289, 1993.

FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C. **Biogeografia do Bioma Cerrado: estudo fitofisionômico na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco**. Brasília: Universidade de Brasília, 2001. p. 152.

FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C. Diversidade alfa e beta no cerrado sensu stricto, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais e Bahia. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Eds.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 141–154.

FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C. Comparação dentro e entre sistemas de terra na Chapada dos Veadeiros. In: FELFILI, J. M.; REZENDE, A. V.; SILVA JÚNIOR, M. C. (Eds.). **Biogeografia do bioma Cerrado: vegetação e solos da Chapada dos Veadeiros**. Brasília: Universidade de Brasília, 2007. p. 97–110.

FERNANDES, A. **Fitogeografia Brasileira**. Fortaleza: Multigraf, 1998. p. 340.

FERREIRA, J. N.; BUSTAMANTE, M. M. C.; DAVIDSON, E. A. Linking woody species diversity with plant available water at a landscape scale in a Brazilian savanna. **Journal of Vegetation Science**, v. 20, n. 5, p. 826–835, 2009.

FERRI, M. G. **Vegetação brasileira**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1980.

FORTIN, M. J.; DALE, M. R. T. **Spatial analysis: a guide for ecologists**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. p. 392.

FOTHERINGHAM, A. S.; BRUNSDON, C.; CHARLTON, M. **Geographically Weighted Regression: the analysis of spatially varying relationships**. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2002.

FURLEY, P. A. The nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. **Global Ecology & Biogeography**, v. 8, n. 3-4, p. 223–241, 1999.

GIULIETTI, A. M.; PIRANI, J. R. Patterns of geographic distribution of some plants species from the Espinhaço Range, Minas Gerais and Bahia. In: VANZOLINI, P. E.; HEYER, W. R. (Eds.). **Proceedings of a workshop on Neotropical distribution patterns**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1988. p. 39–69.

GIULIETTI, A. M.; PIRANI, J. R.; HARLEY, R. M. Espinhaço Range region, eastern Brazil. In: DAVIS, S. D. et al. (Eds.). **Centres of plant diversity: a guide and strategy for their conservation**. Oxford: Information Press, 1997. p. 397–404.

GOMES, L. et al. Comparações florísticas e estruturais entre duas comunidades lenhosas de Cerrado Típico e Cerrado Rupestre, Mato Grosso, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 4, p. 865–875, 2011.

GOODLAND, R.; POLLARD, R. The Brazilian Cerrado Vegetation: A Fertility Gradient. **Journal of Ecology**, v. 61, n. 1, p. 219–224, 1973.

GOTELLI, N. J.; COLWELL, R. K. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. **Ecology Letters**, v. 4, n. 4, p. 379–391, 2001.

GOTELLI, N. J.; ENTSMINGER, G. L. **EcoSim: Null models software for ecology** Jericho Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear, , 2001. Disponível em: <<http://garyentsminger.com/ecosim/index.htm>>.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1, p. 1–9, 2001.

HARIDASAN, M. Competição por nutrientes em espécies arbóreas do cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Eds.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 167–188.

HARIDASAN, M. Nutritional adaptations of native plants of the cerrado biome in acid soils. **Brazilian Journal Of Plant Physiology**, v. 20, n. 3, p. 183–195, 2008.

HARLEY, R. M. Introduction. In: STANNARD, B. L. (Ed.). **Flora of the Pico das Almas, Chapada Diamantina, Bahia, Brazil**. Richmond, Surrey: Royal Botanic Gardens Kew, 1995. p. 1–42.

HIJMANS, R. J. et al. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v. 25, n. 15, p. 1965–1978, 2005.

HURLBERT, S. H. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. **Ecology**, v. 52, n. 4, p. 577–586, 1971.

JOLY, A. B. **Conheça a vegetação brasileira**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo e Polígono, 1970.

JOPPA, L. N. et al. Achieving the convention on biological diversity's goals for plant conservation. **Science**, v. 341, n. 6150, p. 1100–1103, 2013.

KELLMAN, M.; TACKABERRY, R. **Tropical environments: the functioning and management of tropical ecosystems**. New York: Routledge, 1997.

- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 707–713, 2005.
- LANDEIRO, V. L.; MAGNUSSON, W. E. The Geometry of Spatial Analyses: Implications for Conservation Biologists. **Natureza & Conservação**, v. 9, n. 1, p. 7–20, 2011.
- LATRUBESSE, E. M. et al. The geomorphologic response of a large pristine alluvial river to tremendous deforestation in the South American tropics: The case of the Araguaia River. **Geomorphology**, v. 113, n. 3-4, p. 239–252, 2009.
- LEGENDRE, P. et al. The consequences of spatial structure for the design and analysis of ecological field surveys. **Ecography**, v. 25, n. 5, p. 601–615, 2002.
- LEGENDRE, P.; BORCARD, D.; ROBERTS, D. W. Variation partitioning involving orthogonal spatial eigenfunction submodels. **Ecology**, v. 93, n. 5, p. 1234–1240, 2012.
- LEGENDRE, P.; GALLAGHER, E. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. **Oecologia**, v. 129, n. 2, p. 271–280, 2001.
- LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical Ecology**. 3. ed. Oxford: Elsevier, 2012.
- LEMOIS, H. L. et al. Structure and floristic relationships between Cerrado *sensu stricto* sites on two types of substrate in northern Cerrado, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 4, p. 121–132, 2013.
- LENZA, E. et al. Comparação da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de Cerrado Rupestre na Chapada dos Veadeiros, Goiás, e áreas de cerrado sentido restrito do Bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 34, n. 3, p. 247–259, 2011.
- LIMA, C. A. **O Cerrado Rupestre no Estado de Goiás com base em imagens LANDSAT ETM+**. Universidade de Brasília, 2008.
- LISTA DE ESPÉCIES DA FLORA DO BRASIL. **Lista de Espécies da Flora do Brasil 2013**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>.
- MACHADO, R. B. et al. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Brasília, 2004.
- MAGALHÃES, G. M. Sobre os cerrados de Minas Gerais. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 38, p. 59–70, 1966.
- MANLY, B. F. J. **Randomization, bootstrap and Monte Carlo methods in biology**. London: Chapman & Hall, 2007. p. 455
- MARGULES, C. R.; PRESSEY, R. L. Systematic conservation planning. **Nature**, v. 405, n. 6783, p. 243–253, 2000.
- MARIMON JUNIOR, B. H.; HARIDASAN, M. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado *sensu stricto* em áreas adjacentes

sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 4, p. 913–926, 2005.

MARRIS, E. Conservation in Brazil: The forgotten ecosystem. **Nature**, v. 437, p. 944–945, 2005.

MARTINELLI, G. Mountain biodiversity in Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 4, p. 587–597, 2007.

MCCUNE, B.; GRACE, J. B. **Analysis of Ecological Communities**. 2. ed. Oregon: MjM Software Design, 2002. p. 300.

MCCUNE, B.; MEFFORD, M. J. **PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data**. Glenden Beach MjM Software, 2011.

MENDONÇA, R. C. et al. Flora vascular do bioma Cerrado: Check list com 12.356 espécies. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 421–1181.

MEWS, H. A. et al. Does size matter? Conservation implications of differing woody population sizes with equivalent occurrence and diversity of species for threatened savanna habitats. **Biodiversity and Conservation**, no prelo.

MIRANDA, S. C. **Comunidades lenhosas de cerrado sentido restrito na Serra Dourada em dois substratos**. Universidade de Brasília, 2008.

MITTERMEIER, R. A. et al. **Hotspots Revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Ecoregions**. Washington: Conservation International, 2005.

MMA. **Áreas prioritárias para a Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: Atualização - Portaria MMA Nº 09, de 23 de janeiro de 2007**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2007. p. 300.

MOTTA, P. E. F.; CURI, N.; FRANZMEIER, D. P. Relation of Soils and Geomorphic Surfaces in the Brazilian Cerrado. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Eds.). **The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University Press, 2002. p. 13–32.

MOURA, I. O. **Fitogeografia do Cerrado Rupestre: relações florístico-estruturais e ecológicas de espécies lenhosas**. Universidade de Brasília, 2010.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853–8, 2000.

NEWMAN, B. J. et al. Effects of habitat fragmentation on plant reproductive success and population viability at the landscape and habitat scale. **Biological Conservation**, v. 159, p. 16–23, 2013.

ODEN, N. L.; SOKAL, R. R. Directional Autocorrelation: An Extension of Spatial Correlograms to Two Dimensions. **Systematic Zoology**, v. 35, n. 4, p. 608–617, 1986.

OKSANEN, J. et al. **vegan: Community Ecology Package**.

OLIVEIRA FILHO, A. T. Estudos Ecológicos da Vegetação como subsídios para programas de revegetação com espécies nativas: uma proposta metodológica. **Cerne**, v. 1, n. 1, p. 4–72, 1994.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; RATTER, J. A. A study of the origin of central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 52, n. 2, p. 141–194, 1995.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; RATTER, J. A. Vegetation Physiognomies and Woody Flora of the Cerrado Biome. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Eds.). **The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University Press, 2002. p. 91–120.

OLIVEIRA-FILHO, A. T. et al. Environment factors affecting physiognomic and floristic variation in an area of a Cerrado in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 5, n. 4, p. 413–431, 1989.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; FLUMINHAN-FILHO, M. Ecologia da vegetação do Parque Florestal Quedas do Rio Bonito. **Cerne**, v. 5, n. 2, p. 51–64, 1999.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; MARTINS, F. R. Distribuição, caracterização e composição florística das formações vegetais da região da Salgadeira, na Chapada dos Guimarães (MT). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 9, n. 2, p. 207–223, 1986.

PINHEIRO, J. et al. **nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models**.

PINTO, J. R. R. et al. Parques nacionais do cerrado e os tipos de formações vegetacionais protegidos. **Natureza & Conservação**, v. 7, n. 2, p. 57–71, 2009.

PINTO, J. R. R.; LENZA, E.; PINTO, A. DE S. Composição florística e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea em um Cerrado Rupestre, Cocalzinho de Goiás, Goiás. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 32, n. 1, p. 1–10, 2009.

PIVELLO, V. R. Manejo de fragmentos de Cerrado: princípios para a conservação da biodiversidade. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Eds.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 401–414.

QUINN, G. P.; KEOUGH, M. J. **Experimental design and data analysis for biologists**. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for Statistical Computing**. Disponível em: <www.r-project.org>. Acesso em: 20 fev. 2012.

- RANGEL, T. F.; DINIZ-FILHO, J. A. F.; BINI, L. M. SAM: a comprehensive application for Spatial Analysis in Macroecology. **Ecography**, v. 33, n. 1, p. 46–50, 2010.
- RATTER, J. A. et al. Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation II: comparison of the woody vegetation of 98 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 53, n. 2, p. 153–180, 1996.
- RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 60, n. 01, p. 57–109, 2003.
- RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Biodiversity Patterns of the Woody Vegetation of the Brazilian Cerrado. In: PENNINGTON, T.; LEWIS, G. P.; RATTER, J. A. (Eds.). **Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests: Plant Diversity, Biogeography, and Conservation**. Boca Raton: CRC Press, 2006. p. 31–66.
- RATTER, J. A.; DARGIE, T. C. D. An analysis of the floristic composition of 26 cerrado areas in Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 49, n. 02, p. 235–250, 1992.
- RATTER, J. A.; RIBEIRO, J. F.; BRIDGEWATER, S. The Brazilian Cerrado Vegetation and Threats to its Biodiversity. **Annals of Botany**, v. 80, n. 3, p. 223–230, 1997.
- REATTO, A. et al. Solos do Bioma do Cerrado: aspectos pedológicos. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Eds.). **Cerrado: ecologia e flora2**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 107–149.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa - CPAC, 1998. p. 89–166.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 151–212.
- RIZZINI, C. T. **Tratado de Fitogeografia do Brasil**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições Ltda., 1997. p. 747
- RODRIGUEZ-CABAL, M. A.; AIZEN, M. A.; NOVARO, A. J. Habitat fragmentation disrupts a plant-disperser mutualism in the temperate forest of South America. **Biological Conservation**, v. 139, n. 1-2, p. 195–202, 2007.
- RUGGIERO, P. G. C. et al. Soil-vegetation relationships in cerrado (Brazilian savanna) and semideciduous forest, Southeastern Brazil. **Plant Ecology**, v. 160, n. 1, p. 1–16, 2002.
- SAFFORD, H. D. Brazilian páramos I. An introduction to the physical environment and vegetation of the campos de altitude. **Journal of Biogeography**, v. 26, n. 4, p. 693–712, 1999.
- SAFFORD, H. D. Brazilian páramos IV. Phytogeography of the campos de altitude. **Journal of Biogeography**, v. 34, n. 10, p. 1701–1722, 2007.

SANO, E. E. et al. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 153–156, 2008.

SANO, E. E. et al. **Mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal - bioma Cerrado: ano base 2002**. Brasília: MMA/SBF, 2010a. p. 96.

SANO, E. E. et al. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 166, n. 1-4, p. 113–124, 2010b.

SANTOS, T. R. R.; PINTO, J. R. R.; LENZA, E. Floristic relationships of the woody component in rocky outcrops savanna areas in Central Brazil. **Flora**, v. 207, n. 7, p. 541–550, 2012a.

SANTOS, T. R. R. et al. The tree-shrub vegetation in rocky outcrop cerrado areas in Goiás State, Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 35, n. 3, p. 281–294, 2012b.

SAUNDERS, D. A.; HOBBS, R. J.; MARGULES, C. R. Biological Consequences of Ecosystem Fragmentation: A Review. **Conservation Biology**, v. 5, n. 1, p. 18–32, 1991.

SILVA, F. A. M.; ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B. A. Caracterização Climática do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 69–88.

SILVA, J. F. et al. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. **Journal of Biogeography**, v. 33, p. 536–548, 2006.

SILVA, J. M. C.; BATES, J. M. Biogeographic Patterns and Conservation in the South American Cerrado: A Tropical Savanna Hotspot. **BioScience**, v. 52, n. 3, p. 225, 2002.

SILVA, J. M. C.; SANTOS, M. P. D. A importância relativa dos processos biogeográficos na formação da avifauna do Cerrado e de outros biomas brasileiros. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILL, J. M. (Eds.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 219–233.

SOLBRIG, O. T.; YOUNG, M. D. Economic and ecological driving forces affecting tropical savannas. In: YOUNG, M. D.; SOLBRIG, O. T. (Eds.). **The world's savannas: economic driving forces, ecological constraints and policy options for sustainable land use**. New York: Parthenon Publishing, 1993. p. 3–18.

SRTM. **Shuttle Radar Topography Mission: the mission to map the world**. Disponível em: <<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>>. Acesso em: 25 set. 2012.

TÓTHMÉRÉSZ, B. Comparison of different methods for diversity ordering. **Journal of Vegetation Science**, v. 6, n. 2, p. 283–290, 1995.

VASCONCELOS, M. F. O que são campos Rupestres e campos de altitude nos topos de montanha do Leste do Brasil? **Revista Brasileira de Botânica**, v. 34, n. 2, p. 241–246, 2011.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. p. 124.

WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas**. Universidade de Brasília, 2006.

WILLIAMS, K. J. et al. Forests of East Australia: The 35th Biodiversity Hotspots. In: ZACHOS, F. E.; HABEL, J. C. (Eds.). **Biodiversity Hotspots**. Luxembourg: Springer, 2011. p. 295–310.

6 - APÊNDICES

Apêndice 1 - Famílias e espécies (com suas respectivas abundâncias) registradas nos sítios de Cerrado Típico (CT) e Cerrado Rupestre (CR) amostrados no Brasil Central. As espécies estão dispostas segundo a ordem alfabética de suas famílias botânicas. A atualização dos nomes dos táxons seguiu a Lista de Espécies da Flora do Brasil (2012). A classificação das famílias foi baseada no Sistema de Classificação Botânica APG III (APG III, 2009). A lista de espécies do CR pode diferir da lista originalmente publicada por Santos et al. (2012a, 2012b) em função de atualização taxonômica. Os códigos numéricos representam as localidades, em que: 1 = Alto Paraíso de Goiás; 2 = Caldas Novas; 3 = Cavalcante; 4 = Cristalina; 5 = Jaraguá; 6 = Mara Rosa; 7 = Mineiros; 8 = Nazário; 9 = Piranhas; 10 = Pirenópolis.

Famílias/Espécies	1 CT	2 CT	3 CT	4 CT	5 CT	6 CT	7 CT	8 CT	9 CT	10 CT	1 CR	2 CR	3 CR	4 CR	5 CR	6 CR	7 CR	8 CR	9 CR	10 CR
Anacardiaceae																				
<i>Anacardium occidentale</i> L.			8		66	3		18		2					95	60		21		1
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott			6			7			5				1						13	
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.			1										1							
Annonaceae																				
<i>Annona coriacea</i> Mart.						1	2					4		4		1	1			
<i>Annona crassiflora</i> Mart.		75		2		3	29		6								3			
<i>Guatteria sellowiana</i> Schlttdl.																		2		
<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schlttdl.									1											
<i>Unonopsis</i> sp.			1																	
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.			33			32	2	1				1	4	24	1		20	9		
<i>Xylopia brasiliensis</i> Spreng.								8												
Apocynaceae																				
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> Müll.Arg.								17												
<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	7	15		4	47	1	2	6				32		33	51	8	14	45	11	16
<i>Aspidosperma multiflorum</i> A.DC.											17		116							
<i>Aspidosperma ramiflorum</i> Müll. Arg.												1								
<i>Aspidosperma</i> sp.																		7		
<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart.						1														4
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	16	50	12	23	30	9	7	9	2	17		39	2	32	36	21	12	44	44	1
<i>Aspidosperma nobile</i> Müll.Arg.					1															
<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	10	8	1	54	34	11	1	5	1	3	7	12	50	7	41		3	6	1	
<i>Himatanthus obovatus</i> (Müll. Arg.) Woodson			4		14	2	7	9					1	1	23			3		
Aquifoliaceae																				

Famílias/Espécies	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	
<i>Ilex congesta</i> Reissek											7										
<i>Ilex conocarpa</i> Reissek																				3	
<i>Ilex</i> sp.																		2			
Araliaceae																					
<i>Schefflera burchellii</i> (Seem.) Frodin & Fiaschi			3										1								
<i>Schefflera macrocarpa</i> (Cham. & Schtdl.) Frodin				1		6	2	7		1	42	4	3	9	2			2		11	
<i>Schefflera vinosa</i> (Cham. & Schtdl.) Frodin & Fiaschi		4	2		2												1				
Arecaceae																					
<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.																				2	
<i>Butia</i> sp. 1																				4	
<i>Butia</i> sp. 2									3												
<i>Syagrus comosa</i> (Mart.) Mart.	15	41		1	2	2		1			14					7		31	1		
<i>Syagrus flexuosa</i> (Mart.) Becc.	24	76							8		101	2	2			5			45		
Asteraceae																					
Asteraceae NI 1												1									
Asteraceae NI 2																		2			
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	1																				
<i>Eremanthus glomerulatus</i> Less.	7	16	2	11		1	2	3		18	12	2	2	2				4		8	
<i>Eremanthus goyazensis</i> (Gardner) Sch.Bip.	2										4			7							
<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker		71			1	28	6		5									24			
<i>Vernonia</i> sp.	2								50												
<i>Wunderlichia cruelsiana</i> Taub.											62		13		12			80			
<i>Wunderlichia mirabilis</i> Riedel ex Baker											10	54		33					14	2	
Bignoniaceae																					
<i>Cybistax antisiphilitica</i> (Mart.) Mart.							2														
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	1	6		13	6	14	14	7		8		2		2	4	8		7		8	
<i>Handroanthus serratifolius</i> (A.H.Gentry) S.Grose				1			1	2						4	3	1	1	3			
<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore		91	1		127	17	16		12						59	18		1	6		
<i>Tabebuia</i> sp.												5									
Caryocaraceae																					
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	8	5	2	18	16	6	51	22	4	4		75	1		33	14	9	22	4		

Famílias/Espécies	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	
<i>Caryocar cuneatum</i> Wittm.													36								
<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.			4																		
Celastraceae																					
<i>Plenckia populnea</i> Reissek	3			10	22		6			25	5	43		2	29	10		7	8	13	
<i>Salacia crassifolia</i> (Mart. ex Schult.) G.Don	18	1	1	14	56	5				1			36	4	48	46					3
<i>Salacia elliptica</i> (Mart. ex Schult.) G.Don												56									
Chrysobalanaceae																					
<i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth.	10	15	10	32		3	55				5		14	1		2	3				
<i>Hirtella glandulosa</i> Spreng.													1								
<i>Licania humilis</i> Cham. & Schtdl.									16			1		3							
Clusiaceae																					
<i>Clusia weddelliana</i> Planch. & Triana													3								2
<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	1	303	57	3	24	4	43	21		4	2	50	3	4	65	23	33	40	116	10	
<i>Kielmeyera lathrophyton</i> Saggi	45										6		1								
<i>Kielmeyera rubriflora</i> Cambess.			56						2				15		4	3				48	
<i>Kielmeyera speciosa</i> A.St.-Hil.		10	7	12	51	3		2		33		8		8	30	17	28	33			12
Combretaceae																					
<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler							23		6											2	
<i>Terminalia argentea</i> Mart.			6				1		32											8	
<i>Terminalia fagifolia</i> Mart.	1			25																	
Connaraceae																					
<i>Connarus suberosus</i> Planch.	3	8	12	18	13	8	47	7	15	9	7	11	17	16	24	29	9		1	8	
<i>Rourea induta</i> Planch.		2	12	1	12	20	41	4					2		16	12	2				
Dilleniaceae																					
<i>Curatella americana</i> L.			23		2	94	1	3	36				3				36		7		
<i>Davilla elliptica</i> A.St.-Hil.	37	140	168	53	77	272	362	243	91	134		3	31	8	90	32	284	19	33		
Ebenaceae																					
<i>Diospyros hispida</i> A.DC.		11			1	6	52	4	13	43					8	10	3				4
<i>Diospyros sericea</i> A.DC.													2								
<i>Diospyros</i> sp.																1					
Ericaceae																					
<i>Agarista chapadensis</i> (Kin.-Gouv.) Judd																					5

Famílias/Espécies	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	
Erythroxylaceae																					
<i>Erythroxylum anguifugum</i> Mart.													1								
<i>Erythroxylum daphnites</i> Mart.			2						1							5			1		
<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.Hil.	16	3	1	9	6	5	35	5		7			5		6	1	7	1		1	
<i>Erythroxylum engleri</i> O.E.Schulz									15											1	
<i>Erythroxylum</i> sp. 1											3										
<i>Erythroxylum</i> sp. 2																1					
<i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.Hil.	5	43	13	23	1	23	208	39		30	22		10	40	13	10	17	5	3	1	
<i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart.	35	24	14	16	9				40	30	5	3		1	2						
Euphorbiaceae																					
<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.				1																	
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg.																				2	
Euphorbiaceae NI																			9		
<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.												3								1	
Fabaceae																					
<i>Acosmium</i> sp. 1																			3		
<i>Acosmium</i> sp. 2					22																
<i>Anadenanthera</i> sp.							50														
<i>Andira cujabensis</i> Benth.			10						4												
<i>Andira vermifuga</i> (Mart.) Benth.	1	10		4	14	12	31	2	1	22	2	11	14	3	29	5	4			8	
<i>Bauhinia pulchella</i> Benth.											60										
<i>Bauhinia platyphylla</i> Benth.							45														
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth.		34	13		17	11	12	44	21			1	2		26	10	15	3	5		
<i>Chamaecrista orbiculata</i> (Benth.) H.S.Irwin & Barneby	262		4	33					2	31	21		7	4			23	1		6	
<i>Chamaecrista pachyclada</i> (Harms) H.S.Irwin & Barneby					186						78				120						
<i>Chamaecrista</i> sp. 1													61								
<i>Chamaecrista</i> sp. 2																	2				
<i>Copaiifera langsdorffii</i> Desf.														7					1	1	
<i>Copaiifera oblongifolia</i> Mart.										10			25								
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.		7		8		3	7	30				60		2		1	1	62			
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.		13	8		16	20	14	3		5				2	3	4	5	4			

Famílias/Espécies	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	
<i>Dipteryx alata</i> Vogel						1			1											2	
<i>Diptychandra aurantiaca</i> Tul.						1															
<i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F.Macbr.	1	1	1	3		2	2	1	1												
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	4	9	11	4	40	47	15	20	16	11		15		1	101	9	23	85	26	23	
<i>Leptolobium dasycarpum</i> Vogel	2	11	23	13	11	12	38		17	6		8	7	9	11	9	2	4	4	4	
<i>Luetzelburgia praecox</i> (Harms ex Kuntze) Harms													1							17	
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel						24	208		1							7				1	
<i>Machaerium opacum</i> Vogel		3	26			8		2				5	1			1		1			
<i>Mimosa clausenii</i> Benth.	32				2						9			3		12					
<i>Mimosa decorticans</i> Barneby				30										15							
<i>Mimosa manidea</i> Barneby											26										
<i>Mimosa setosissima</i> Taub.						37				15											77
<i>Mimosa</i> sp.				1																	
<i>Mimosa ulei</i> Taub.											2										
<i>Peltogyne confertiflora</i> (Mart. ex Hayne) Benth.	1					13						149			3	2		3	5		
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.		1		1	9	4	3	10				54		1	6	1	19	31	1		
<i>Platypodium elegans</i> Vogel															3					2	
<i>Pterodon emarginatus</i> Vogel			12													15	2				
<i>Pterodon pubescens</i> (Benth.) Benth.			6	33	77	48	1	43				72	4	44	87			33			
<i>Senna velutina</i> (Vogel) H.S.Irwin & Barneby			2										36								
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	8	81	2	1		1				7											
<i>Stryphnodendron polyphyllum</i> Mart.		29					16	11				1					20				
<i>Stryphnodendron rotundifolium</i> Mart.						1		7	15											1	
<i>Tachigali aurea</i> Tul.	45		19	7		1	37		2				2						3		
<i>Tachigali vulgaris</i> L.G.Silva & H.C.Lima	100		12	93	2	57	6	2		3	12	137	71	98		82	25	2			14
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke				2	41	10	14	34	3			25	26		43	22	4	17	2		
Humiriaceae																					
<i>Humiria balsamifera</i> Aubl.											2										
Icacinaceae																					
<i>Emmotum nitens</i> (Benth) Miers			3				11				3		1	6				9			
Lamiaceae																					
<i>Aegiphila verticillata</i> Vell.		7	1			2				1		1		1					1		1

Famílias/Espécies	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	
<i>Hyptidendron canum</i> (Pohl ex Benth.) Harley								3													
<i>Hyptis pachyphylla</i> Epling											72										
Lauraceae																					
<i>Aniba heringeri</i> Vattimo											1										
<i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng.) J.F.Macbr														2							
<i>Mezilaurus crassiramea</i> (Meisn.) Taub. ex Mez									4										1		
<i>Ocotea pomaderroides</i> (Meisn.) Mez											19									6	
Lecythidaceae																					
<i>Eschweilera nana</i> (O.Berg) Miers								12													
Loganiaceae																					
<i>Antonia ovata</i> Pohl																			18		
<i>Strychnos pseudoquina</i> A.St.-Hil.		24		1		22	3		1										2		
Lythraceae																					
<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	24	6	4	7	13		30	6	18	19		75	9	9	14				7	58	
Malpighiaceae																					
<i>Banisteriopsis latifolia</i> (A.Juss.) B.Gates	9				6						1		15		1	18			1	1	2
<i>Byrsonima basiloba</i> A.Juss.							4												3		
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	15	3	33		36	11	85	54	60	18	15	5	3	12	37	17	12		8	22	
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	1													1							
<i>Byrsonima intermedia</i> A.Juss.											13										
<i>Byrsonima pachyphylla</i> A.Juss.		14	116	36	39	9	55	93	174	1	26	2	27	19	33	36	61	28		1	
<i>Byrsonima</i> sp. 1																			12		
<i>Byrsonima</i> sp. 2			1																		
<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC.	36				10	12	2			2					3	5	2				
<i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A.Juss.	1	1		1	33			22		4	4		15	4	53	7	9	4		8	
<i>Tetrapterys microphylla</i> Nied.											1										
Malvaceae																					
<i>Eriotheca gracilipes</i> (K.Schum.) A.Robyns		1	13			1	66		19			1	22			42	2		12		
<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl.		6		4		1	4					1		12		1	2			1	
<i>Luehea candicans</i> Mart.																				1	
<i>Luehea grandiflora</i> Mart. & Zucc.									3												

Famílias/Espécies	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	
<i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. & Zucc.) A.Robyns			2		1							6	1				1		39		
<i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart. & Zucc.) A.Robyns									8										6		
Marcgraviaceae																					
<i>Norantea guianensis</i> Aubl.																	7		17		
<i>Schwartzia adamantium</i> (Cambess.) Bedell ex Giraldo-Cañas											35	47	1	52	6		2			32	
Melastomataceae																					
<i>Macairea radula</i> (Bonpl.) DC.											28				5			11		3	
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	47		40	15		9	323	6		1	3	1	3	4	1		23				
<i>Miconia burchellii</i> Triana	4			2						1	3		19	1						29	
<i>Miconia ferruginata</i> DC.	48		44	3	13	1		2			5	1	22	17	12	33	182			30	
<i>Miconia irwinii</i> Wurdack											2										
<i>Miconia leucocarpa</i> DC.	18									4										1	
<i>Miconia pepericarpa</i> Mart. ex A.DC.														1							
<i>Miconia rubiginosa</i> (Bonpl.) DC.	1			7						1	1			2							
<i>Miconia</i> sp. 1	1																				
<i>Miconia</i> sp. 2	2																				
<i>Mouriri elliptica</i> Mart.							228		11								1		4		
<i>Tibouchina candolleana</i> (Mart. ex DC.) Cogn.	3			1																	
<i>Tibouchina papyrus</i> (Pohl) Toledo																			1	7	
<i>Tibouchina</i> sp. 1											5										
<i>Tibouchina</i> sp. 2																	22				
<i>Tibouchina villosissima</i> Cogn.																				1	
Moraceae																					
<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul		33	15		4	2	6					2			4	1					
<i>Ficus guaranitica</i> Chodat														2							
<i>Ficus</i> sp.																			1		
Myristicaceae																					
<i>Virola sebifera</i> Aubl.														32				1			
Myrtaceae																					
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.Berg			4	13							1		2	31							

Famílias/Espécies	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR
<i>Eugenia aurata</i> O.Berg		3				8	14												14	
<i>Eugenia dysenterica</i> DC.						1														
<i>Eugenia involucrata</i> DC.												1								
<i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC.							16				7								14	1
<i>Eugenia suberosa</i> Cambess.							2													
<i>Eugenia ternatifolia</i> Cambess.							3													
<i>Myrcia bella</i> Cambess.	7	15								26	9	6								
<i>Myrcia cordifolia</i> O.Berg																				4
<i>Myrcia fenziiana</i> O.Berg																				4
<i>Myrcia linguaeformis</i> (O. Berg) N. Silveira							28					1								
<i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC.	38					12												106		
<i>Myrcia</i> sp. 1											30									
<i>Myrcia</i> sp. 2							245													
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	1					2	23	16			10							44		
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.																			3	3
<i>Myrcia uberavensis</i> O.Berg				15										13						
<i>Myrcia variabilis</i> DC.							4					6						1		
<i>Myrcia camapuanensis</i> N.Silveira							65													
Myrtaceae NI 1																				13
Myrtaceae NI 2									1											
<i>Psidium laruotteanum</i> Cambess.		13		3			2			41				8					7	3
<i>Psidium myrsinites</i> DC.	24		46	31	36	21		40		11	1	40	88	67	63	38		65		59
<i>Psidium salutare</i> (Kunth) O.Berg									8											
<i>Siphoneugena densiflora</i> O.Berg														15						4
Família não identificada																				
Espécie não identificada																			47	
Nyctaginaceae																				
<i>Guapira graciliflora</i> (Mart. ex Schmidt) Lundell	2		12	12	14	5	2	3				2	44	6	82	24		1		3
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	1	1	4	2		12	9	1	2	2		8	10	5		1		2		16
<i>Neea theifera</i> Oerst.	2		1	14	2		1	17		1	6	10	1	1	5	1	34	3		
Ochnaceae																				
<i>Ouratea glaucescens</i> Engl.											5		1							

Famílias/Espécies	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR
<i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Baill.	17	63	31	85	124	21	72	42		97	2	35	9	21	51	101	12	16		2
<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart. ex Engl.) Engl.							4	17	31							11	1	13	4	
Olacaceae																				
<i>Heisteria ovata</i> Benth.																		2	2	
Olacaceae NI 1									1											
Opiliaceae																				
<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook. f.			2		3	6	5	2	2						8	10		1		
Pentaphragmaceae																				
<i>Ternstroemia carnososa</i> Cambess.												2								
Polygonaceae																				
<i>Coccoloba mollis</i> Casar.							1													
Primulaceae																				
<i>Cybianthus gardneri</i> (A.DC.) G.Agostini			8			1					1									
<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	30		21	1			30			74	8			7			7			16
Proteaceae																				
<i>Roupala montana</i> Aubl.	14	1	16	14	11	1	123	4	39	19			1	12	11	5	33	2		3
Rubiaceae																				
<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A.Rich.							6						1				5			
<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.			3																	
<i>Chomelia ribesoides</i> Benth. ex A.Gray	2				1			3				2		5	21		1	1		
<i>Cordia concolor</i> (Cham.) Kuntze												1		1						
<i>Cordia elliptica</i> (Cham.) Kuntze													2							
<i>Cordia sessilis</i> (Vell.) Kuntze	1		1	1		1	1						1					1	2	
<i>Duroia duckei</i> Huber			5																	
<i>Ferdinandusa elliptica</i> (Pohl) Pohl					1						6		1							
<i>Palicourea rigida</i> Kunth	75	38	10		5	1	16	3		28	26	7	1		3	1	65	1		16
Rubiaceae NI																			2	
<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.			1						1					1			1			
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltld.) K.Schum.	6	7	5	1	20	3	1	6		6		1	7	3	13	15		9		1
Salicaceae																				
<i>Casearia grandiflora</i> Cambess.			7																	

Famílias/Espécies	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	1	1	37				1	1				1		1			4			
Sapindaceae																				
<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.			24			2			4										55	
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.			3														1			
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.			1				8						12							
Sapotaceae																				
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	18	8		17	46	58	44	9	35	59		6		2	10	27		4	1	
<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.		2		7	1	1				11				3						
Simaroubaceae																				
<i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil.			1					1			6	1	1	2	1		11			3
Siparunaceae																				
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	1		13										4							
Solanaceae																				
<i>Solanum lycocarpum</i> A.St.-Hil.			1							1				1						
Styracaceae																				
<i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.	5	37	1	2		121	5	25		2	7						81			3
Symplocaceae																				
<i>Symplocos nitens</i> (Pohl) Benth.														2						
<i>Symplocos rhamnifolia</i> A.DC.										3										
Urticaceae																				
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul			1														6	1		
Velloziaceae																				
<i>Vellozia albiflora</i> Pohl														1						
<i>Vellozia squamata</i> Pohl	31			182	34					42	113		4	51		5		15		74
<i>Vellozia tubiflora</i> (A.Rich.) Kunth											63		57							
<i>Vellozia variabilis</i> Mart. ex Schult.f.											794						8			
Vochysiaceae																				
<i>Callisthene fasciculata</i> Mart.																				9
<i>Callisthene major</i> Mart.																	5			
<i>Callisthene mollissima</i> Warm.	537										29		29							
<i>Callisthene</i> sp.													85							
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.		30	137	8	116	22	110	3	37			19	3	2	43	1	5	10	4	

Famílias/Espécies	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	1	29		15	6	22	24	24	43			77		15	6	1	18	17	16	2
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	217	81	70	173	253	10	191	120	121	180	7	40	146	7	124	151	89	223	186	4
<i>Salvertia convallariodora</i> A.St.Hil.			13		10	10	5	10	5							37	169	1		
<i>Vochysia elliptica</i> Mart.	4		7	25				1			14			1			61			4
<i>Vochysia gardneri</i> Warm.	81			1							6		34			39	8			
<i>Vochysia rufa</i> Mart.	1	17	5	4	18	24	50	15	2	13		1	2	37	15	7	46	2		
<i>Vochysia thyrsoidea</i> Pohl	4			20						11	29			12						5
Total	2054	1658	1374	1301	1913	1352	3457	1184	1078	1148	1977	1357	1320	945	1753	1161	1800	1183	931	614

Apêndice 2 - Variações na diversidade alfa de espécies lenhosas entre sítios adjacentes de Cerrado Típico (CT) e Cerrado Rupestre (CR) amostrados no Brasil Central. Sítio = nome abreviado; S = riqueza rarefeita; PIE = equabilidade rarefeita; e H' = heterogeneidade rarefeita.

Localidade	Sítio	S	PIE	H'
Alto Paraíso de Goiás	ALPA-CT	52,844	0,894	2,935
Caldas Novas	CANO-CT	51,533	0,938	3,268
Cavalcante	CAVA-CT	70,594	0,953	3,549
Cristalina	CRIS-CT	59,675	0,943	3,368
Jaraguá	JARA-CT	53,500	0,949	3,372
Mara Rosa	MARA-CT	68,569	0,935	3,416
Mineiros	MINE-CT	64,138	0,953	3,461
Nazário	NAZA-CT	57,848	0,928	3,240
Piranhas	PIRA-CT	51,522	0,937	3,208
Pirenópolis	PIRE-CT	48,397	0,937	3,197
Alto Paraíso de Goiás	ALPA-CR	58,801	0,824	2,772
Caldas Novas	CANO-CR	53,085	0,95	3,297
Cavalcante	CAVA-CR	64,157	0,955	3,464
Cristalina	CRIS-CR	72,591	0,963	3,653
Jaraguá	JARA-CR	54,821	0,964	3,545
Mara Rosa	MARA-CR	58,175	0,954	3,488
Mineiros	MINE-CR	66,548	0,942	3,399
Nazário	NAZA-CR	52,575	0,932	3,164
Piranhas	PIRA-CR	55,194	0,923	3,130
Pirenópolis	PIRE-CR	61,000	0,945	3,367

Apêndice 3 - Ranqueamento das abundâncias das espécies lenhosas entre sítios adjacentes de Cerrado Típico (CT) e Cerrado Rupestre (CR) amostrados no Brasil Central. As espécies estão dispostas segundo a ordem decrescente de abundância no CT. Abundância (ranque) = abundância total e posição da espécie no ranqueamento (entre parênteses); Amplitude = abundância mínima e máxima nos sítios; Sítios = número de sítios em que a espécie ocorreu.

Espécies	Cerrado Típico (CT)			Cerrado Rupestre (CR)		
	Abundância (ranque)	Amplitude	Sítios	Abundância (ranque)	Amplitude	Sítios
<i>Davilla elliptica</i> A.St.-Hil.	1577 (1)	37-362	10	500 (3)	3-284	8
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	1416 (2)	10-253	10	977 (1)	4-223	10
<i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Baill.	552 (3)	17-124	9	249 (10)	2-101	9
<i>Byrsonima pachyphylla</i> A.Juss.	537 (4)	1-174	9	233 (12)	1-61	9
<i>Callisthene mollissima</i> Warm.	537 (4)	537-537	1	58 (56)	29-29	2
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	463 (5)	3-137	8	87 (41)	1-43	8
<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	460 (6)	1-303	9	346 (6)	2-116	10
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	441 (7)	1-323	7	35 (70)	1-23	6
<i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.Hil.	385 (8)	1-208	9	121 (33)	1-40	9
<i>Chamaecrista orbiculata</i> (Benth.) H.S.Irwin & Barneby	332 (9)	2-262	5	62 (52)	1-23	6
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	315 (10)	3-85	9	131 (29)	3-37	9
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	294 (11)	8-59	9	50 (62)	1-27	6
<i>Vellozia squamata</i> Pohl	289 (12)	31-182	4	262 (9)	4-113	6
<i>Tachigali vulgaris</i> L.G.Silva & H.C.Lima	275 (13)	2-100	8	441 (4)	2-137	8
<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore	264 (14)	1-127	6	84 (43)	1-59	4
<i>Myrcia</i> sp.2	245 (15)	245-245	1			
<i>Roupala montana</i> Aubl.	242 (16)	1-123	10	67 (51)	1-33	7
<i>Mouriri elliptica</i> Mart.	239 (17)	11-228	2	5 (96)	1-4	2
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	233 (18)	1-208	3	8 (93)	1-7	2
<i>Psidium myrsinites</i> DC.	209 (19)	11-46	7	421 (5)	1-88	8
<i>Pterodon pubescens</i> (Benth.) Benth.	208 (20)	1-77	6	240 (11)	4-87	5
<i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.	198 (21)	1-121	8	91 (40)	3-81	3
<i>Chamaecrista pachyclada</i> (Harms) H.S.Irwin & Barneby	186 (22)	186-186	1	198 (16)	78-120	2
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	177 (23)	4-47	10	283 (8)	1-101	8
<i>Palicourea rigida</i> Kunth	176 (24)	1-75	8	120 (34)	1-65	8
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	175 (25)	2-50	10	231 (13)	1-44	9
<i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart.	168 (26)	9-40	7	11 (90)	1-5	4

Espécies	Cerrado Típico (CT)			Cerrado Rupestre (CR)		
	Abundância (ranque)	Amplitude	Sítios	Abundância (ranque)	Amplitude	Sítios
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	164 (27)	1-43	8	152 (24)	1-77	8
<i>Curatella americana</i> L.	159 (28)	1-94	6	46 (65)	3-36	3
<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	156 (29)	1-74	5	38 (68)	7-16	4
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth.	152 (30)	11-44	7	62 (52)	1-26	7
<i>Vochysia rufa</i> Mart.	149 (31)	1-50	10	110 (37)	1-46	7
<i>Connarus suberosus</i> Planch.	140 (32)	3-47	10	122 (32)	1-29	9
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	136 (33)	2-51	10	158 (22)	1-75	7
<i>Leptolobium dasycarpum</i> Vogel	133 (34)	2-38	9	58 (56)	2-11	9
<i>Diospyros hispida</i> A.DC.	130 (35)	1-52	7	25 (79)	3-10	4
<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	128 (36)	1-54	10	127 (30)	1-50	8
<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	127 (37)	4-30	9	172 (19)	7-75	6
<i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth.	125 (38)	3-55	6	25 (79)	1-14	5
<i>Kielmeyera speciosa</i> A.St.-Hil.	118 (39)	2-51	7	136 (27)	8-33	7
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	115 (40)	2-75	5	3 (98)	3-3	1
<i>Miconia ferruginata</i> DC.	111 (41)	1-48	6	302 (7)	1-182	8
<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	111 (41)	1-71	5	24 (80)	24-24	1
<i>Tachigali aurea</i> Tul.	111 (41)	1-45	6	5 (96)	2-3	2
<i>Syagrus flexuosa</i> (Mart.) Becc.	108 (42)	8-76	3	155 (23)	2-101	5
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	104 (43)	2-41	6	139 (25)	2-43	7
<i>Eriotheca gracilipes</i> (K.Schum.) A.Robyns	100 (44)	1-66	5	79 (45)	1-42	5
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	100 (44)	1-81	6			
<i>Anacardium occidentale</i> L.	97 (45)	2-66	5	177 (17)	1-95	4
<i>Andira vermifuga</i> (Mart.) Benth.	97 (45)	1-31	9	76 (47)	2-29	8
<i>Salacia crassifolia</i> (Mart. ex Schult.) G.Don	96 (46)	1-56	7	137 (26)	3-48	5
<i>Rourea induta</i> Planch.	92 (47)	1-41	7	32 (73)	2-16	4
<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.Hil.	87 (48)	1-35	9	21 (82)	1-7	6
<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	82 (49)	1-47	7	210 (14)	8-51	8
<i>Vochysia gardneri</i> Warm.	82 (49)	1-81	2	87 (41)	6-39	4
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	79 (50)	3-20	7	18 (84)	2-5	5
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	69 (51)	1-14	8	31 (74)	2-8	6
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	68 (52)	1-33	4	59 (55)	1-24	6
<i>Plenckia populnea</i> Reissek	66 (53)	3-25	5	117 (35)	2-43	8

Espécies	Cerrado Típico (CT)			Cerrado Rupestre (CR)		
	Abundância (ranque)	Amplitude	Sítios	Abundância (ranque)	Amplitude	Sítios
<i>Myrcia camapuanensis</i> N.Silveira	65 (54)	65-65	1			
<i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A.Juss.	62 (55)	1-33	6	104 (39)	4-53	8
<i>Syagrus comosa</i> (Mart.) Mart.	62 (55)	1-41	6	53 (60)	1-31	4
<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC.	62 (55)	2-36	5	10 (91)	2-5	3
<i>Eremanthus glomerulatus</i> Less.	60 (56)	1-18	8	30 (75)	2-12	6
<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	60 (56)	2-33	5	7 (94)	1-4	3
<i>Psidium laruotteanum</i> Cambess.	59 (57)	2-41	4	18 (84)	3-8	3
<i>Kielmeyera rubriflora</i> Cambess.	58 (58)	2-56	2	70 (50)	3-48	4
<i>Stryphnodendron polyphyllum</i> Mart.	56 (59)	11-29	3	21 (82)	1-20	2
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	55 (60)	3-30	5	126 (31)	1-62	5
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K.Schum.	55 (60)	1-20	9	49 (63)	1-15	7
<i>Salvertia convallariodora</i> A.St.Hil.	53 (61)	5-13	6	207 (15)	1-169	3
<i>Mimosa setosissima</i> Taub.	52 (62)	15-37	2	77 (46)	77-77	1
<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart. ex Engl.) Engl.	52 (62)	4-31	3	29 (76)	1-13	4
<i>Vernonia</i> sp.	52 (62)	2-50	2			
<i>Strychnos pseudoquina</i> A.St.-Hil.	51 (63)	1-24	5	2 (99)	2-2	1
<i>Guapira graciliflora</i> (Mart. ex Schmidt) Lundell	50 (64)	2-14	7	162 (21)	1-82	7
<i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC.	50 (64)	12-38	2	106 (38)	106-106	1
<i>Anadenanthera</i> sp.	50 (64)	50-50	1			
<i>Myrcia bella</i> Cambess.	48 (65)	7-26	3	15 (86)	6-9	2
<i>Kielmeyera lathrophyton</i> Saddi	45 (66)	45-45	1	7 (94)	1-6	2
<i>Bauhinia platyphylla</i> Benth.	45 (66)	45-45	1			
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	42 (67)	1-23	4	54 (59)	10-44	2
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	41 (68)	1-37	5	6 (95)	1-4	3
<i>Terminalia argentea</i> Mart.	39 (69)	1-32	3	8 (93)	8-8	1
<i>Machaerium opacum</i> Vogel	39 (69)	2-26	4	8 (93)	1-5	4
<i>Neea theifera</i> Oerst.	38 (70)	1-17	7	61 (53)	1-34	8
<i>Vochysia elliptica</i> Mart.	37 (71)	1-25	4	80 (44)	1-61	4
<i>Himatanthus obovatus</i> (Müll. Arg.) Woodson	36 (72)	2-14	5	28 (77)	1-23	4
<i>Vochysia thyrsoidea</i> Pohl	35 (73)	4-20	3	46 (65)	5-29	3
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	34 (74)	1-12	9	42 (66)	1-16	6
<i>Mimosa clausenii</i> Benth.	34 (74)	2-32	2	24 (80)	3-12	3

Espécies	Cerrado Típico (CT)			Cerrado Rupestre (CR)		
	Abundância (ranque)	Amplitude	Sítios	Abundância (ranque)	Amplitude	Sítios
<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	30 (75)	2-24	3	55 (58)	55-55	1
<i>Mimosa decorticans</i> Barneby	30 (75)	30-30	1	15 (86)	15-15	1
<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler	29 (76)	6-23	2	2 (99)	2-2	1
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	28 (77)	1-10	6	113 (36)	1-54	7
<i>Myrcia linguaeformis</i> (O. Berg) N. Silveira	28 (77)	28-28	1	1 (100)	1-1	1
<i>Terminalia fagifolia</i> Mart.	26 (78)	1-25	2			
<i>Eugenia aurata</i> O.Berg	25 (79)	3-14	3	14 (87)	14-14	1
<i>Stryphnodendron rotundifolium</i> Mart.	23 (80)	1-15	3	1 (100)	1-1	1
<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.	22 (81)	1-11	5	3 (98)	3-3	1
<i>Miconia leucocarpa</i> DC.	22 (81)	4-18	2	1 (100)	1-1	1
<i>Acosmium</i> sp.2	22 (81)	22-22	1			
<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook. f.	20 (82)	2-6	6	19 (83)	1-10	3
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	18 (83)	5-7	3	14 (87)	1-13	2
<i>Schefflera macrocarpa</i> (Cham. & Schltdl.) Frodin	17 (84)	1-7	5	73 (48)	2-42	7
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.Berg	17 (84)	4-13	2	34 (71)	1-31	3
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> Müll.Arg.	17 (84)	17-17	1			
<i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC.	16 (85)	16-16	1	22 (81)	1-14	3
<i>Licania humilis</i> Cham. & Schltdl.	16 (85)	16-16	1	4 (97)	1-3	2
<i>Banisteriopsis latifolia</i> (A.Juss.) B.Gates	15 (86)	6-9	2	39 (67)	1-18	7
<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl.	15 (86)	1-6	4	17 (85)	1-12	5
<i>Myrcia uberavensis</i> O.Berg	15 (86)	15-15	1	13 (88)	13-13	1
<i>Erythroxylum engleri</i> O.E.Schulz	15 (86)	15-15	1	1 (100)	1-1	1
<i>Peltogyne confertiflora</i> (Mart. ex Hayne) Benth.	14 (87)	1-13	2	162 (21)	2-149	5
<i>Emmotum nitens</i> (Benth) Miers	14 (87)	3-11	2	19 (83)	1-9	4
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	14 (87)	1-13	2	4 (97)	4-4	1
<i>Andira cujabensis</i> Benth.	14 (87)	4-10	2			
<i>Pterodon emarginatus</i> Vogel	12 (88)	12-12	1	17 (85)	2-15	2
<i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F.Macbr.	12 (88)	1-3	8			
<i>Eschweilera nana</i> (O.Berg) Miers	12 (88)	12-12	1			
<i>Aegiphila verticillata</i> Vell.	11 (89)	1-7	4	4 (97)	1-1	4
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	9 (90)	1-8	2	12 (89)	12-12	1
<i>Miconia rubiginosa</i> (Bonpl.) DC.	9 (90)	1-7	3	3 (98)	1-2	2

Espécies	Cerrado Típico (CT)			Cerrado Rupestre (CR)		
	Abundância (ranque)	Amplitude	Sítios	Abundância (ranque)	Amplitude	Sítios
<i>Cybianthus gardneri</i> (A.DC.) G.Agostini	9 (90)	1-8	2	1 (100)	1-1	1
<i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart. & Zucc.) A.Robyns	8 (91)	8-8	1	6 (95)	6-6	1
<i>Schefflera vinosa</i> (Cham. & Schldtl.) Frodin & Fiaschi	8 (91)	2-4	3	1 (100)	1-1	1
<i>Xylopia brasiliensis</i> Spreng.	8 (91)	8-8	1			
<i>Psidium salutare</i> (Kunth) O.Berg	8 (91)	8-8	1			
<i>Miconia burchellii</i> Triana	7 (92)	1-4	3	52 (61)	1-29	4
<i>Casearia grandiflora</i> Cambess.	7 (92)	7-7	1			
<i>Chomelia ribesoides</i> Benth. ex A.Gray	6 (93)	1-3	3	30 (75)	1-21	5
<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A.Rich.	6 (93)	6-6	1	6 (95)	1-5	2
<i>Cordia sessilis</i> (Vell.) Kuntze	5 (94)	1-1	5	4 (97)	1-2	3
<i>Duroia duckei</i> Huber	5 (94)	5-5	1			
<i>Handroanthus serratifolius</i> (A.H.Gentry) S.Grose	4 (95)	1-2	3	12 (89)	1-4	5
<i>Myrcia variabilis</i> DC.	4 (95)	4-4	1	7 (94)	1-6	2
<i>Byrsonima basiloba</i> A.Juss.	4 (95)	4-4	1	3 (98)	3-3	1
<i>Mezilaurus crassiramea</i> (Meisn.) Taub. ex Mez	4 (95)	4-4	1	1 (100)	1-1	1
<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.	4 (95)	4-4	1			
<i>Tibouchina candolleana</i> (Mart. ex DC.) Cogn.	4 (95)	1-3	2			
<i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. & Zucc.) A.Robyns	3 (96)	1-2	2	47 (64)	1-39	4
<i>Annona coriacea</i> Mart.	3 (96)	1-2	2	10 (91)	1-4	4
<i>Erythroxylum daphnites</i> Mart.	3 (96)	1-2	2	6 (95)	1-5	2
<i>Schefflera burchellii</i> (Seem.) Frodin & Fiaschi	3 (96)	3-3	1	1 (100)	1-1	1
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	3 (96)	3-3	1	1 (100)	1-1	1
<i>Butia</i> sp.2	3 (96)	3-3	1			
<i>Hyptidendron canum</i> (Pohl ex Benth.) Harley	3 (96)	3-3	1			
<i>Luehea grandiflora</i> Mart. & Zucc.	3 (96)	3-3	1			
<i>Eugenia ternatifolia</i> Cambess.	3 (96)	3-3	1			
<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	3 (96)	3-3	1			
<i>Symplocos rhamnifolia</i> A.DC.	3 (96)	3-3	1			
<i>Senna velutina</i> (Vogel) H.S.Irwin & Barneby	2 (97)	2-2	1	36 (69)	36-36	1
<i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil.	2 (97)	1-1	2	25 (79)	1-11	7
<i>Eremanthus goyazensis</i> (Gardner) Sch.Bip.	2 (97)	2-2	1	11 (90)	4-7	2
<i>Dipteryx alata</i> Vogel	2 (97)	1-1	2	2 (99)	2-2	1

Espécies	Cerrado Típico (CT)			Cerrado Rupestre (CR)		
	Abundância (ranque)	Amplitude	Sítios	Abundância (ranque)	Amplitude	Sítios
<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.	2 (97)	1-1	2	2 (99)	1-1	2
<i>Solanum lycocarpum</i> A.St.-Hil.	2 (97)	1-1	2	1 (100)	1-1	1
<i>Cybistax antisiphilitica</i> (Mart.) Mart.	2 (97)	2-2	1			
<i>Miconia</i> sp.2	2 (97)	2-2	1			
<i>Eugenia suberosa</i> Cambess.	2 (97)	2-2	1			
<i>Ferdinandusa elliptica</i> (Pohl) Pohl	1 (98)	1-1	1	7 (94)	1-6	2
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	1 (98)	1-1	1	7 (94)	1-6	2
<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart.	1 (98)	1-1	1	4 (97)	4-4	1
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	1 (98)	1-1	1	1 (100)	1-1	1
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	1 (98)	1-1	1	1 (100)	1-1	1
<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schltldl.	1 (98)	1-1	1			
<i>Unonopsis</i> sp.	1 (98)	1-1	1			
<i>Aspidosperma nobile</i> Müll.Arg.	1 (98)	1-1	1			
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	1 (98)	1-1	1			
<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.	1 (98)	1-1	1			
<i>Diptychandra aurantiaca</i> Tul.	1 (98)	1-1	1			
<i>Mimosa</i> sp.	1 (98)	1-1	1			
<i>Byrsonima</i> sp.2	1 (98)	1-1	1			
<i>Miconia</i> sp.1	1 (98)	1-1	1			
<i>Eugenia dysenterica</i> DC.	1 (98)	1-1	1			
Myrtaceae NI2	1 (98)	1-1	1			
Olacaceae NI 1	1 (98)	1-1	1			
<i>Coccoloba mollis</i> Casar.	1 (98)	1-1	1			
<i>Vellozia variabilis</i> Mart. ex Schult.f.				802 (2)	8-794	2
<i>Schwartzia adamantium</i> (Cambess.) Bedell ex Giraldo-Cañas				175 (18)	1-52	7
<i>Wunderlichia cruelsiana</i> Taub.				167 (20)	12-80	4
<i>Aspidosperma multiflorum</i> A.DC.				133 (28)	17-116	2
<i>Vellozia tubiflora</i> (A.Rich.) Kunth				120 (34)	57-63	2
<i>Wunderlichia mirabilis</i> Riedel ex Baker				113 (36)	2-54	5
<i>Callisthene</i> sp.				85 (42)	85-85	1
<i>Hyptis pachyphylla</i> Epling				72 (49)	72-72	1
<i>Chamaecrista</i> sp. 1				61 (53)	61-61	1

Espécies	Cerrado Típico (CT)			Cerrado Rupestre (CR)		
	Abundância (ranque)	Amplitude	Sítios	Abundância (ranque)	Amplitude	Sítios
<i>Bauhinia pulchella</i> Benth.				60 (54)	60-60	1
<i>Salacia elliptica</i> (Mart. ex Schult.) G.Don				56 (57)	56-56	1
<i>Macairea radula</i> (Bonpl.) DC.				47 (64)	3-28	4
Espécie não identificada				47 (64)	47-47	1
<i>Caryocar cuneatum</i> Wittm.				36 (69)	36-36	1
<i>Copaifera oblongifolia</i> Mart.				35 (70)	10-25	2
<i>Virola sebifera</i> Aubl.				33 (72)	1-32	2
<i>Myrcia</i> sp.1				30 (75)	30-30	1
<i>Mimosa manidea</i> Barneby				26 (78)	26-26	1
<i>Ocotea pomaderroides</i> (Meisn.) Mez				25 (79)	6-19	2
<i>Norantea guianensis</i> Aubl.				24 (80)	7-17	2
<i>Tibouchina</i> sp. 2				22 (81)	22-22	1
<i>Siphoneugena densiflora</i> O.Berg				19 (83)	4-15	2
<i>Luetzelburgia praecox</i> (Harms ex Kuntze) Harms				18 (84)	1-17	2
<i>Antonia ovata</i> Pohl				18 (84)	18-18	1
<i>Byrsonima intermedia</i> A.Juss.				13 (88)	13-13	1
Myrtaceae NI1				13 (88)	13-13	1
<i>Byrsonima</i> sp.1				12 (89)	12-12	1
Euphorbiaceae NI				9 (92)	9-9	1
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.				9 (92)	1-7	3
<i>Callisthene fasciculata</i> Mart.				9 (92)	9-9	1
<i>Tibouchina papyrus</i> (Pohl) Toledo				8 (93)	1-7	2
<i>Aspidosperma</i> sp.				7 (94)	7-7	1
<i>Ilex congesta</i> Reissek				7 (94)	7-7	1
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.				6 (95)	3-3	2
<i>Ouratea glaucescens</i> Engl.				6 (95)	1-5	2
<i>Tabebuia</i> sp.				5 (96)	5-5	1
<i>Clusia weddelliana</i> Planch. & Triana				5 (96)	2-3	2
<i>Agarista chapadensis</i> (Kin.-Gouv.) Judd				5 (96)	5-5	1
<i>Platypodium elegans</i> Vogel				5 (96)	2-3	2
<i>Tibouchina</i> sp. 1				5 (96)	5-5	1
<i>Callisthene major</i> Mart.				5 (96)	5-5	1

Espécies	Cerrado Típico (CT)			Cerrado Rupestre (CR)		
	Abundância (ranque)	Amplitude	Sítios	Abundância (ranque)	Amplitude	Sítios
<i>Butia</i> sp.1				4 (97)	4-4	1
<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.				4 (97)	1-3	2
<i>Myrcia cordifolia</i> O.Berg				4 (97)	4-4	1
<i>Myrcia fenzliana</i> O.Berg				4 (97)	4-4	1
<i>Heisteria ovata</i> Benth.				4 (97)	2-2	2
<i>Ilex conocarpa</i> Reissek				3 (98)	3-3	1
<i>Erythroxylum</i> sp. 1				3 (98)	3-3	1
<i>Acosmium</i> sp.1				3 (98)	3-3	1
<i>Guatteria sellowiana</i> Schlttdl.				2 (99)	2-2	1
<i>Ilex</i> sp.				2 (99)	2-2	1
<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.				2 (99)	2-2	1
Asteraceae NI 2				2 (99)	2-2	1
<i>Diospyros sericea</i> A.DC.				2 (99)	2-2	1
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg.				2 (99)	2-2	1
<i>Chamaecrista</i> sp. 2				2 (99)	2-2	1
<i>Mimosa ulei</i> Taub.				2 (99)	2-2	1
<i>Humiria balsamifera</i> Aubl.				2 (99)	2-2	1
<i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng.) J.F.Macbr				2 (99)	2-2	1
<i>Miconia irwinii</i> Wurdack				2 (99)	2-2	1
<i>Ficus guaranitica</i> Chodat				2 (99)	2-2	1
<i>Ternstroemia carnososa</i> Cambess.				2 (99)	2-2	1
<i>Cordia concolor</i> (Cham.) Kuntze				2 (99)	1-1	2
<i>Cordia elliptica</i> (Cham.) Kuntze				2 (99)	2-2	1
Rubiaceae NI				2 (99)	2-2	1
<i>Symplocos nitens</i> (Pohl) Benth.				2 (99)	2-2	1
<i>Aspidosperma ramiflorum</i> Müll. Arg.				1 (100)	1-1	1
Asteraceae NI 1				1 (100)	1-1	1
<i>Hirtella glandulosa</i> Spreng.				1 (100)	1-1	1
<i>Diospyros</i> sp.				1 (100)	1-1	1
<i>Erythroxylum anguifugum</i> Mart.				1 (100)	1-1	1
<i>Erythroxylum</i> sp. 2				1 (100)	1-1	1
<i>Aniba heringeri</i> Vattimo				1 (100)	1-1	1

Espécies	Cerrado Típico (CT)			Cerrado Rupestre (CR)		
	Abundância (ranque)	Amplitude	Sítios	Abundância (ranque)	Amplitude	Sítios
<i>Tetrapteryx microphylla</i> Nied.				1 (100)	1-1	1
<i>Luehea candicans</i> Mart.				1 (100)	1-1	1
<i>Miconia pepericarpa</i> Mart. ex A.DC.				1 (100)	1-1	1
<i>Tibouchina villosissima</i> Cogn.				1 (100)	1-1	1
<i>Ficus</i> sp.				1 (100)	1-1	1
<i>Eugenia involucrata</i> DC.				1 (100)	1-1	1
<i>Vellozia albiflora</i> Pohl				1 (100)	1-1	1

Apêndice 4 - Descrição das 27 variáveis geodafoclimáticas utilizadas nas análises desta tese. A descrição das 14 variáveis climáticas seguiu Hijmans et al. (2005).

Variável	Descrição
Altitude	Altitude da localidade em relação ao nível do mar, dada em metros.
Declividade do terreno	Declividade do terreno da localidade, dada em graus.
Temperatura média anual	Média das temperaturas médias mensais ao longo do ano, sendo a média mensal a média entre as temperaturas máximas e mínimas registradas no mês.
Estacionalidade de temperatura	Coefficiente de variação da média da temperatura média, expressa como porcentagem da média da temperatura anual.
Temperatura máxima do mês mais quente	Temperatura mais elevada constatada no mês de maior temperatura média.
Temperatura média do trimestre* mais úmido	Determinado o trimestre mais úmido do ano a temperatura média do período é calculada.
Temperatura média do trimestre* mais seco	Determinado o trimestre mais seco do ano a temperatura média do período é calculada.
Temperatura média do trimestre* mais quente	Determinado o trimestre mais quente do ano a temperatura média do período é calculada.
Temperatura média do trimestre* mais frio	Determinado o trimestre mais frio do ano a temperatura média do período é calculada.
Precipitação média anual	Média das precipitações cumulativas dos meses ao longo do ano.
Precipitação do mês mais seco	Precipitação cumulativa do mês mais seco.
Estacionalidade de precipitação	Coefficiente de variação da precipitação mensal, expressa como porcentagem da precipitação média anual.
Precipitação do trimestre* mais úmido	Determinado o trimestre mais úmido do ano a precipitação cumulativa do período é calculada.
Precipitação do trimestre* mais seco	Determinado o trimestre mais seco do ano a precipitação cumulativa do período é calculada.
Precipitação do trimestre* mais quente	Determinado o trimestre mais quente do ano a precipitação cumulativa do período é calculada.
Precipitação do trimestre* mais frio	Determinado o trimestre mais frio do ano a precipitação cumulativa do período é calculada.
Cálcio	(cmolc/dm ³) (mE/100 ml)
Magnésio	(cmolc/dm ³) (mE/100 ml)
Alumínio	(cmolc/dm ³) (mE/100 ml)
Potássio	(mE/100ml)
Fósforo	MEHLICH (mg/dm ³) (ppm)
Matéria Orgânica	Porcentagem de matéria orgânica
Capacidade de Troca Catiônica	Capacidade de Troca Catiônica
Porcentagem de Saturação de Bases	Porcentagem de Saturação de Bases
Porcentagem de Saturação de Alumínio	Porcentagem de Saturação de Alumínio
pH _{Ca}	pH em Cálcio (CaCl ₂)
Argila	Porcentagem de Argila

*Trimestre: período de três meses consecutivos.

Apêndice 5 - Variáveis ambientais pré-selecionadas ($r \geq 0,1$) para compor os modelos de regressão com a variação florístico-estrutural de sítios adjacentes de Cerrado Típico (CT) e Cerrado Rupestre (CR) amostrados no Brasil Central. Os códigos numéricos representam as localidades, em que: 1 = Alto Paraíso de Goiás; 2 = Caldas Novas; 3 = Cavalcante; 4 = Cristalina; 5 = Jaraguá; 6 = Mara Rosa; 7 = Mineiros; 8 = Nazário; 9 = Piranhas; 10 = Pirenópolis. As siglas representam as variáveis ambientais, em que: ET = estacionalidade de precipitação; PMA = precipitação média anual; PTQ = Precipitação do trimestre mais quente; PTF = precipitação do trimestre mais frio; Alt. = altitude; Dec. = declividade do terreno; Ca = Cálcio; Al = Alumínio; K = Potássio; P = Fósforo; MO = matéria orgânica; CTC = capacidade de troca catiônica; m% = saturação de alumínio; pHCa = pH em Cálcio. Para as variáveis edáficas são dadas as médias \pm desvios-padrão.

Sítio	ET	PMA	PTQ	PTF	Alt.	Dec.*	Ca	Al**	K	P*	MO	CTC**	m%	pHCa*	Argila*
1 CT	0,78	1816,50	257,13	46,50	1204,33	3,40	0,10 \pm 0,00	0,91 \pm 0,24	0,06 \pm 0,01	1,01 \pm 0,40	3,29 \pm 0,63	5,24 \pm 1,21	77,09 \pm 5,90	3,60 \pm 0,06	20,30 \pm 9,31
2 CT	1,42	1439,00	380,78	53,56	1014,50	2,58	0,20 \pm 0,00	1,01 \pm 0,20	0,08 \pm 0,01	0,63 \pm 0,18	2,91 \pm 0,40	6,7 \pm 1,04	71,76 \pm 4,85	3,90 \pm 0,04	39,30 \pm 2,83
3 CT	0,76	1690,22	209,89	33,67	779,50	2,27	0,20 \pm 0,00	1,61 \pm 0,18	0,13 \pm 0,02	1,80 \pm 0,24	3,15 \pm 0,55	5,26 \pm 1,18	78,47 \pm 2,48	3,90 \pm 0,00	34,40 \pm 3,74
4 CT	1,29	1365,33	377,00	61,56	1028,00	2,61	0,22 \pm 0,04	1,09 \pm 0,46	0,11 \pm 0,02	2,56 \pm 0,79	3,94 \pm 1,32	7,78 \pm 1,04	69,52 \pm 7,66	3,87 \pm 0,06	9,10 \pm 2,64
5 CT	0,91	1662,56	232,78	160,44	1045,00	8,55	0,21 \pm 0,03	1,11 \pm 0,37	0,07 \pm 0,01	4,23 \pm 0,92	3,15 \pm 1,11	4,71 \pm 0,74	72,50 \pm 6,25	3,84 \pm 0,08	16,00 \pm 4,34
6 CT	0,74	1839,56	222,33	34,44	632,50	9,49	0,11 \pm 0,03	0,52 \pm 0,12	0,12 \pm 0,02	0,69 \pm 0,23	1,75 \pm 0,51	2,87 \pm 0,50	59,73 \pm 4,37	3,86 \pm 0,09	23,90 \pm 6,02
7 CT	1,27	1578,75	436,75	103,00	699,25	1,06	0,21 \pm 0,03	0,62 \pm 0,06	0,07 \pm 0,01	2,91 \pm 0,62	1,07 \pm 0,22	4,16 \pm 0,80	60,91 \pm 4,08	3,66 \pm 0,06	7,90 \pm 1,19
8 CT	1,32	1488,00	209,22	155,67	919,00	4,28	0,21 \pm 0,03	0,93 \pm 0,26	0,06 \pm 0,01	3,83 \pm 0,49	1,80 \pm 0,48	3,83 \pm 1,27	70,68 \pm 4,30	3,85 \pm 0,09	12,90 \pm 2,68
9 CT	1,14	1708,25	417,75	53,00	784,75	2,20	0,77 \pm 0,34	0,77 \pm 0,15	0,24 \pm 0,02	0,20 \pm 0,10	3,72 \pm 0,72	8,15 \pm 1,00	36,50 \pm 10,47	3,94 \pm 0,14	34,70 \pm 2,40
10 CT	0,84	1561,75	232,38	51,13	1328,00	4,37	0,20 \pm 0,00	1,05 \pm 0,18	0,05 \pm 0,01	0,76 \pm 0,35	1,71 \pm 0,32	5,32 \pm 0,55	74,19 \pm 3,79	3,96 \pm 0,06	12,80 \pm 2,25
1 CR	0,78	1789,88	258,00	46,63	1189,75	5,66	0,13 \pm 0,04	1,38 \pm 0,27	0,06 \pm 0,01	1,66 \pm 0,60	4,59 \pm 1,89	9,59 \pm 3,44	81,68 \pm 2,83	3,08 \pm 0,07	7,10 \pm 0,31
2 CR	1,43	1409,63	366,13	51,50	948,50	10,45	0,26 \pm 0,12	2,34 \pm 0,42	0,10 \pm 0,03	5,72 \pm 4,75	7,02 \pm 1,22	13,35 \pm 2,24	82,85 \pm 4,16	3,64 \pm 0,08	9,10 \pm 1,10
3 CR	0,75	1710,56	213,89	35,00	830,00	11,56	0,21 \pm 0,03	3,20 \pm 0,41	0,16 \pm 0,04	5,38 \pm 1,52	1,65 \pm 1,77	9,94 \pm 2,87	86,65 \pm 1,80	3,51 \pm 0,12	16,10 \pm 5,97
4 CR	1,30	1386,00	381,78	68,11	1120,33	4,77	0,27 \pm 0,21	1,58 \pm 0,54	0,11 \pm 0,03	4,98 \pm 3,21	4,35 \pm 1,68	8,11 \pm 1,59	76,50 \pm 12,48	3,38 \pm 0,17	7,60 \pm 0,84
5 CR	0,92	1658,60	230,20	158,20	958,00	6,49	0,23 \pm 0,09	2,07 \pm 0,24	0,15 \pm 0,01	4,65 \pm 2,29	1,72 \pm 1,69	8,69 \pm 1,09	80,77 \pm 3,92	3,85 \pm 0,09	12,33 \pm 1,58
6 CR	0,74	1858,38	225,13	34,75	574,25	4,88	0,23 \pm 0,06	1,58 \pm 0,53	0,10 \pm 0,01	6,38 \pm 8,68	2,06 \pm 1,55	6,67 \pm 2,82	77,27 \pm 6,35	3,72 \pm 0,25	9,20 \pm 0,91
7 CR	1,23	1637,88	419,25	89,63	800,25	8,41	0,20 \pm 0,00	2,55 \pm 0,64	0,13 \pm 0,04	1,23 \pm 0,34	1,43 \pm 0,45	6,35 \pm 2,31	85,08 \pm 2,77	3,60 \pm 0,08	12,30 \pm 1,33
8 CR	1,34	1470,00	203,13	150,63	837,33	24,98	0,30 \pm 0,14	1,39 \pm 0,12	0,15 \pm 0,03	3,63 \pm 1,52	4,18 \pm 0,72	6,72 \pm 1,06	70,25 \pm 6,98	3,87 \pm 0,04	10,30 \pm 1,05
9 CR	1,13	1702,50	413,75	52,75	790,00	4,84	0,53 \pm 0,27	0,91 \pm 0,21	0,28 \pm 0,03	0,89 \pm 1,19	4,64 \pm 0,69	9,35 \pm 1,46	45,81 \pm 13,34	3,89 \pm 0,08	30,60 \pm 0,96
10 CR	0,84	1551,00	229,00	49,00	1307,33	3,70	0,85 \pm 0,34	1,50 \pm 0,31	0,08 \pm 0,02	1,20 \pm 0,44	3,58 \pm 1,05	9,98 \pm 1,10	58,99 \pm 11,48	3,69 \pm 0,15	8,80 \pm 1,03

* $p < 0,05$; ** $p < 0,005$ (teste de Mann-Whitney entre CT e CR).