



**CERRADO *SENSU STRICTO* SOBRE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO:
FITOGEOGRAFIA E CONSERVAÇÃO**

Galiana da Silveira Lindoso

**Dissertação de Mestrado em Ecologia
Departamento de Ecologia**

**BRASÍLIA
2008**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA

**CERRADO *SENSU STRICTO* SOBRE NEOSSOLO
QUARTZARÊNICO:
FITOGEOGRAFIA E CONSERVAÇÃO**

Galiana da Silveira Lindoso
Orientadora: Jeanine Maria Felfili

Dissertação submetida ao
Departamento de Ecologia do
Instituto de Ciências Biológicas da
Universidade de Brasília como
requisito parcial para a obtenção do
título de Mestre em Ecologia.

BRASÍLIA
Fevereiro / 2008

GALIANA DA SILVEIRA LINDOSO

Cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico: fitogeografia e conservação

Dissertação aprovada junto ao Programa de Pós Graduação em Ecologia da Universidade de Brasília como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ecologia

Banca examinadora

Profa. Jeanine Maria Felfili
Orientadora – UnB

Prof. Antonio Alberto Jorge Farias Castro
Membro Titular – UFPI

Prof. José Felipe Ribeiro
Membro Titular – EMBRAPA / CPAC

Prof. Manoel Cláudio da Silva Junior
Membro Suplente – UnB

Brasília, fevereiro de 2008

**Dedico aos meus pais,
tudo e sempre.**

Agradecimentos

A professora Dra. Jeanine Maria Felfili, pela preciosa orientação e oportunidade e pela concessão dos dados coletados no âmbito do Projeto Biogeografia do Bioma Cerrado;

Ao professor Dr. Antonio Alberto Jorge Farias Castro, pelo inestimável apoio para a realização dos trabalhos de campo no Piauí, através do CNPq – PELD Site 10 e à sua família, pelo acolhimento em Teresina;

Ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado;

Ao IBAMA pelo apoio na realização da pesquisa no Parque Nacional de Sete Cidades,

Ao Newton Rodrigues de Oliveira, Ana Cláudia Cavalcante de Moura, Ruth Raquel Soares de Farias, Joxleide Mendes Costa e Raimundo Nonato Lopes pelo auxílio nos trabalhos de campo e identificação dos materiais coletados;

Ao Lucas de Carvalho Ramos Silva e ao Laboratório de Química Analítica da Embrapa - Cerrados, pela realização das análises das propriedades dos solos;

À Marina de Lourdes Fonseca, curadora do herbário do IBGE pela atenção e ao Benedito Alísio Pereira e à Professora Dra. Carolyn Proença, pelo auxílio na identificação dos materiais coletados;

Aos secretários Iriode e Fábio, da Ecologia, sempre eficientes e dispostos;

Aos amigos Benedito Alísio, Alexandro Solórzano, Aryanne Amaral, Iona'i Moura, Lucas Silva, Fred Takahashi, Julio Sampaio, Ricardo Haidar e Carlos Eduardo Lazarini por proporcionarem momentos de discussão e aprendizado;

A minha família, que sempre me apoiou e proporcionou ótimos momentos na minha vida em Brasília e em especial aos meus pais, sempre presentes, pelo incentivo e auxílio na revisão final da dissertação.

Resumo

O bioma Cerrado apresenta paisagens heterogêneas, caracterizando-se por apresentar uma elevada diversidade beta. O Parque Nacional de Sete Cidades e a Chapada Grande Meridional, ambos no Estado do Piauí, apresentam uma elevada heterogeneidade espacial com diferentes fitofisionomias e tipos de solos. Neste trabalho, foram estudadas a vegetação lenhosa do cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico destas áreas e foram relacionadas as variações florísticas e estruturais do cerrado sobre solos arenosos, com as variações locais do meio físico, como características químicas e físicas do solo e a altitude. Em cada área, foram amostradas dez parcelas de 20 m x 50 m distribuídas nas manchas de cerrado sobre Neossolo. No PNSC foram encontradas 45 espécies e 40 gêneros em 21 famílias botânicas com densidade de 1017 indiv.ha⁻¹ e área basal de 10,71 m².ha⁻¹, a diversidade pelo índice de diversidade de Shannon foi 3,07 nats.indiv⁻¹ e equabilidade de Pielou de 0,80. Na Chapada Grande Meridional foram encontradas 48 espécies (duas subespécies) e 26 famílias botânicas, com densidade de 930 indiv.ha⁻¹ e área basal de 12,84 m².ha⁻¹. A diversidade alfa (índice de Shannon H'²=2,75 nats.ind⁻¹ e equabilidade de Pielou J=0,70) foi baixa, devido à concentração de densidade em *Qualea grandiflora* (30,11%) e *Parkia platycephala* (12,37%). As espécies amostradas nesses cerrados representam uma mistura de espécies de ampla distribuição nas zonas de baixa altitude, espécies típicas dos cerrados marginais do Nordeste e espécies de ampla distribuição no bioma e que ocorrem na Caatinga. Nestes cerrados, os limites superiores de altura dos indivíduos foram maiores àqueles descritos na literatura para o cerrado s.s., indicando um padrão estrutural dos cerrados do Nordeste que possuem árvores mais altas do que os cerrados do Planalto Central, porém menor riqueza florística no estrato lenhoso. Em ambas as áreas, a diversidade beta entre as parcelas foi alta, especialmente na comparação da densidade de espécies entre as parcelas, indicando a alta heterogeneidade ambiental do cerrado e a complementaridade das manchas para a manutenção da diversidade. No PNSC, a variação da vegetação foi relacionada ao gradiente de fertilidade, salinidade, acidez e textura do solo e altitude, separando espécies que também ocorrem em formações florestais de espécies que ocorrem exclusivamente nas formações savânicas do Cerrado. No PNSC, os solos de algumas parcelas possuem caráter solódico, devido à alta quantidade de sódio, relacionada com áreas de maior altitude. Na Chapada Grande Meridional, o gradiente de fertilidade, altitude, textura e salinidade do solo influenciou na distribuição de algumas espécies. Foram investigadas as diferenças florísticas, estruturais e ambientais, baseado em amostragens quantitativas, entre oito áreas de cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico, para a determinação de padrões fitogeográficos e de conservação do cerrado sobre solos arenosos. Os dados analisados provêm de levantamentos realizados em áreas de cerrado s.s. no Piauí e no Brasil Central, todos sobre Neossolo, totalizando 80 parcelas de 20 m x 50 m. Foram realizadas análises

multivariadas, com o método TWISNPAN e Análise de Correspondência Canônica (CCA). De um total de 198 espécies que ocorreram em todas as áreas amostradas, foram analisadas 94 que ocorreram em duas áreas ou mais. As diferentes composições florísticas e estruturais encontradas entre as áreas analisadas, mesmo considerando um tipo de solo, indicam a elevada heterogeneidade da vegetação do cerrado. Na CCA, as variáveis ambientais que tiveram maior correlação com as parcelas e espécies foram temperaturas média e mínima anuais, precipitação média anual, insolação e número de meses secos. Nas divisões obtidas pelo método TWINSPAN e na CCA, as áreas analisadas do Piauí encontraram-se fortemente separadas das demais áreas analisadas, sugerindo que estes cerrados formam um subgrupo distinto das demais áreas dos cerrados do Nordeste. A alta diversidade beta encontrada e a pouca quantidade de espécies amplamente distribuídas e protegidas, são importantes fatores a serem considerados para a criação de novas e extensas unidades de conservação no bioma Cerrado.

Abstract

The Cerrado biome presents a large spatial heterogeneity and is characterized as having elevated beta diversity. The *Sete Cidades* National Park (PNSC) and *Chapada Grande Meridional*, both located at the state of Piauí, show great landscape diversity with different physiognomies and soils types. In this study, we investigated the woody vegetation of the *cerrado sensu stricto* (savanna woodland physiognomy) that occur on Entisols (Quartzarenic Neosols) and the relationship between the floristic and structure variations regarding the soils characteristics and altitude. In each area, we sampled ten plots with 20 m x 50 m, distributed in patches of *cerrado* on Entisols. At PNSC 45 species and 40 genera were found distributed among 21 botanic families, with stem density of 1017 indiv.ha⁻¹ and basal area of 10.71 m².ha⁻¹. The Shannon diversity index was 3,07 nats.indiv⁻¹ and the evenness was 0,80. At *Chapada Grande Meridional* 48 species (two subspecies) and 26 botanic families were encountered, with a stem density of 930 indiv.ha⁻¹ and basal area of 12.84 m².ha⁻¹. The alfa diversity (Shannon index of 2,75 nats.ind⁻¹ and evenness of 0,70) was low, because of the high density of *Qualea grandiflora* (30,11%) and *Parkia platycephala* (12,37%). The species sampled are a mixture of species with widespread distributions within the biome, species typically from the *cerrado* of the Northeast and others species that occur in the Caatinga biome. In these *cerrados*, the superior limits of tree height were larger than what is usually described for *cerrado* s.s., indicating a structural pattern of the Northeast *cerrados*, that have higher tress than the *cerrados* founds at the Planalto Central. However the Northeast *cerrados* are poorer in species than the other *cerrados*. In both areas, the beta diversity between the plots was high, especially when considering the species density, indicating a high environmental heterogeneity of *cerrado* and the complementarities between the patches towards the maintenance of biodiversity. At PNSC, the variation of vegetation occurred along gradients of fertility, acidity, salinity, texture and altitude. Species that also occur in forest formations were separated from species that occur exclusively in savanna formations. At PNSC, some of the soils sampled in the plots have a solodic characteristic, because of the high amounts of sodium, related to areas with higher altitudes. At *Chapada Grande Meridional*, the gradient of fertility, texture and salinity influenced the distribution of some species. In this study, differences in the floristic composition, structure and environmental characteristics were also investigated, based in quantitative samplings, between eight areas of *cerrado* s.s. on Entisols, to determine phytogeographic and conservation patterns of *cerrados* encountered on this type of soil. The data analyzed were from samples conducted at *cerrados* from Piauí state and the region of central Brazil, witch were all located on Entisols, and totalized 80 plots of 20 m x 50 m. Multivariate analysis were conducted, with TWINSpan classification and Canonical Correspondence Analysis (CCA). From a total of 198 species that occur in

all areas, 94 species that occur in two or more areas were analyzed. The differences encountered among the floristic compositions and structures between the areas, even when considering a same type of soil, indicates a high heterogeneity of the *cerrado* vegetation. In the CCA, the environmental variables that have the best correlations between the plots and species were mean temperature, mean of the minimum temperature, mean annual precipitation, solar radiation and number of dry months. The divisions obtained from TWINSpan and CCA, show that the areas from Piauí were strongly separated from the others areas, suggesting that these areas are a distinct subgroup from the other Northeast *cerrado* areas. The high beta diversity and the few widespread species and that are protected are important factors to be considered for the creation of new and extensive protected areas in the Cerrado biome.

Sumário

Lista de Figuras	x
Lista de Tabelas	xii
Introdução	1
Referências bibliográficas	4
Capítulo 1 – Revisão de literatura	8
1. Savanas tropicais	8
2. O bioma Cerrado	9
3. Os padrões de distribuição da vegetação do bioma Cerrado	12
4. Cerrado <i>sensu stricto</i> sobre Neossolo Quartzarênico	14
Referências bibliográficas	16
Capítulo 2 – Diversidade e estrutura do cerrado <i>sensu stricto</i> sobre areia (Neossolo Quartzarênico) no Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí	
Resumo	22
Introdução	23
Material e Métodos	24
Resultados e Discussão	28
Conclusões	43
Agradecimentos	43
Referências bibliográficas	44
Capítulo 3 – Variações ambientais e relações florísticas no cerrado <i>sensu stricto</i> sobre areia (Neossolo Quartzarênico) do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí	
Resumo	50
Introdução	51
Material e Métodos	53
Resultados e Discussão	56
Conclusões	73
Agradecimentos	75
Referências bibliográficas	75
Anexo 1	82
Capítulo 4 – Diversidade e estrutura do cerrado <i>sensu stricto</i> sobre areia (Neossolo Quartzarênico) na Chapada Grande Meridional, Piauí	
Resumo	83

Introdução	84
Material e Métodos	86
Resultados e Discussão	90
Conclusões	102
Agradecimentos	103
Referências bibliográficas	103
Capítulo 5 - Variações ambientais e relações florísticas no cerrado <i>sensu stricto</i> sobre areia (Neossolo Quartzarênico) da Chapada Grande Meridional, Piauí	
Resumo	109
Introdução	110
Material e Métodos	112
Resultados e Discussão	115
Conclusões	127
Agradecimentos	127
Referências bibliográficas	128
Anexo 1	133
Capítulo 6 – Cerrado <i>sensu stricto</i> sobre Neossolos Quartzarênicos: biogeografia e conservação	
Resumo	135
Introdução	136
Material e Métodos	138
Resultados e Discussão	143
Conclusões	162
Agradecimentos	164
Referências bibliográficas	164
Conclusões gerais	168
Recomendações	170

Lista de Figuras

Capítulo 2 - Diversidade e estrutura do cerrado *sensu stricto* sobre areia (Neossolo Quartzarênico) no Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí

Figura 1. Localização do Parque Nacional de Sete Cidades no bioma Cerrado, Piauí (Fonte: Ratter <i>et al.</i> 1997, modificado).....	25
Figura 2. Mosaico vegetacional e localização das parcelas (P1 a P10) no Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí (Fonte: Oliveira <i>et al.</i> 2007, modificado).....	27
Figura 3. Curva do coletor referente ao levantamento fitossociológico de cerrado <i>sensu stricto</i> sobre Neossolo Quartzarênico do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí.....	30
Figura 4. Distribuição dos indivíduos amostrados no cerrado <i>sensu stricto</i> sobre Neossolo Quartzarênico do Parque Nacional de Sete Cidades - PI em classes de altura	38
Figura 5. Distribuição dos indivíduos amostrados no cerrado <i>sensu stricto</i> sobre Neossolo Quartzarênico do Parque Nacional de Sete Cidades - PI em classes de diâmetro.....	39
Figura 6. Classificação por TWINSPLAN das parcelas amostradas no cerrado <i>sensu stricto</i> sobre Neossolo Quartzarênico encontrado no Parque Nacional de Sete Cidades – PI.....	39

Capítulo 3 - Variações ambientais e relações florísticas no cerrado *sensu stricto* sobre areia (Neossolo Quartzarênico) do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí

Figura 1: Localização do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí, no bioma Cerrado (Fonte: Ratter <i>et al.</i> 1997, modificado).....	53
Figura 2. Classes de textura do Neossolo Quartzarênico do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí.....	61
Figura 3. Diagrama de ordenação produzido pela Análise de Correspondência Canônica (CCA) entre as parcelas (indicadas pelos números de 1 a 10) e propriedades do Neossolo Quartzarênico e altitude do cerrado <i>sensu stricto</i> no Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí.....	69
Figura 4. Diagrama de ordenação produzido pela Análise de Correspondência Canônica (CCA), baseado na densidade absoluta de espécies e propriedades do Neossolo Quartzarênico e altitude do cerrado <i>sensu stricto</i> do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí.....	70
Figura 5. Diagrama de ordenação produzido pela Análise de Correspondência Canônica (CCA), baseado na densidade absoluta de espécies e propriedades selecionadas do Neossolo Quartzarênico e altitude do cerrado <i>sensu stricto</i> do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí.....	73

Capítulo 4 - Diversidade e estrutura do cerrado *sensu stricto* sobre areia (Neossolo Quartzarênico) na Chapada Grande Meridional, Piauí

Figura 1. Localização da Chapada Grande Meridional, no bioma Cerrado, e dos municípios de Arraial e Regeneração, Piauí.....	87
Figura 2. Localização das parcelas amostradas (P1 a P10) no cerrado <i>sensu stricto</i> sobre Neossolo Quartzarênico nos municípios de Regeneração e Arraial, Chapada Grande Meridional, Piauí.....	89
Figura 3. Distribuição dos indivíduos amostrados no cerrado <i>sensu stricto</i> sobre Neossolo Quartzarênico da Chapada Grande Meridional, Piauí, em classes de altura.....	98
Figura 4. Distribuição dos indivíduos amostrados no cerrado <i>sensu stricto</i> sobre Neossolo Quartzarênico da Chapada Grande Meridional, Piauí, em classes de diâmetro.....	98
Figura 5. Classificação pelo método TWINSPAN das parcelas amostradas no cerrado <i>sensu stricto</i> sobre Neossolo Quartzarênico encontrado na Chapada Grande Meridional, Piauí.....	99
Figura 6. Curva do coletor referente ao levantamento fitossociológico de cerrado <i>sensu stricto</i> sobre Neossolo Quartzarênico na Chapada Grande Meridional, Piauí.....	101

Capítulo 5 - Variações ambientais e relações florísticas no cerrado *sensu stricto* sobre areia (Neossolo Quartzarênico) da Chapada Grande Meridional, Piauí

Figura 1. Localização da Chapada Grande Meridional, no bioma Cerrado, e dos municípios de Arraial e Regeneração, Piauí.....	112
Figura 2. Diagrama de ordenação produzido pela Análise de Correspondência Canônica (CCA) entre parcelas (indicadas pelos números de 1 a 10) e propriedades do Neossolo Quartzarênico e altitude do cerrado <i>sensu stricto</i> da Chapada Grande Meridional, Piauí.....	124
Figura 3. Diagrama de ordenação produzido pela Análise de Correspondência Canônica (CCA), baseado na densidade absoluta de espécies e propriedades do Neossolo Quartzarênico e altitude do cerrado <i>sensu stricto</i> da Chapada Grande Meridional, Piauí.....	125

Capítulo 6 - Cerrado *sensu stricto* sobre Neossolos Quartzarênicos: biogeografia e conservação

Figura 1. Localização das áreas analisadas de cerrado <i>sensu stricto</i> sobre Neossolo Quartzarênico e suas respectivas Unidades Ecológicas no bioma Cerrado. Adaptado de Felfili <i>et al.</i> (no prelo).....	139
Figura 2. Classificação por TWINSPAN das 80 parcelas analisadas de cerrado <i>sensu stricto</i> sobre Neossolo Quartzarênico.....	155

Figura 3. Diagrama de ordenação produzido pela Análise de Correspondência Canônica (CCA) entre as 80 parcelas amostradas em cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico e variáveis ambientais..... 159

Lista de Tabelas

Capítulo 2 - Diversidade e estrutura do cerrado *sensu stricto* sobre areia (Neossolo Quartzarênico) no Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí

Tabela 1. Famílias, com respectivo IVI, e espécies lenhosas amostradas no levantamento fitossociológico em cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico no Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí.....29

Tabela 2. Parâmetros fitossociológicos para a comunidade de espécies lenhosas do cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí 33

Tabela 3. Resumo de informações quantitativas de estudos fitossociológicos realizados em cerrados *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico no Brasil. 36

Tabela 4. Resumo de informações quantitativas de estudos fitossociológicos realizados em cerrados *sensu stricto* sobre Latossolo no Estado do Piauí, com diâmetro de inclusão maior ou igual a 3 cm ao nível do solo..... 37

Tabela 5. Similaridade da vegetação lenhosa entre as parcelas em cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí.....42

Capítulo 3 - Variações ambientais e relações florísticas no cerrado *sensu stricto* sobre areia (Neossolo Quartzarênico) do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí

Tabela 1. Espécies do cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí, com densidade maior que 5 indiv.ha⁻¹ na amostragem, utilizadas na Análise de Correspondência Canônica (CCA) e indicadas as fisionomias típicas de ocorrência.....57

Tabela 2. Variáveis ambientais encontradas para dez parcelas amostradas no cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí.....60

Tabela 3. Valores de correlação das variáveis no primeiro e segundo eixos da Análise de Correspondência Canônica (CCA) para as amostras compostas de solos (0 - 15 cm de profundidade) do cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico no Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí..... 68

Capítulo 4 - Diversidade e estrutura do cerrado *sensu stricto* sobre areia (Neossolo Quartzarênico) na Chapada Grande Meridional, Piauí

Tabela 1. Famílias e seus respectivos índices de valor de importância, e espécies lenhosas amostradas no levantamento fitossociológico em cerrado <i>sensu stricto</i> sobre Neossolo Quartzarênico na Chapada Grande Meridional, Piauí.....	91
Tabela 2. Parâmetros fitossociológicos para a comunidade de espécies lenhosas do cerrado <i>sensu stricto</i> sobre Neossolo Quartzarênico da Chapada Grande Meridional, Piauí.....	93
Tabela 3. Similaridade da vegetação lenhosa entre as parcelas em cerrado <i>sensu stricto</i> sobre Neossolo Quartzarênico da Chapada Grande Meridional, Piauí.....	100

Capítulo 5 - Variações ambientais e relações florísticas no cerrado *sensu stricto* sobre areia (Neossolo Quartzarênico) da Chapada Grande Meridional, Piauí

Tabela 1. Espécies do cerrado <i>sensu stricto</i> sobre Neossolo Quartzarênico da Chapada Grande Meridional, Piauí, com densidade maior que 5 indiv.ha ⁻¹ na amostragem, utilizadas na Análise de Correspondência Canônica (CCA) e as fisionomias típicas de ocorrência.	116
Tabela 2. Variáveis ambientais encontradas para dez parcelas amostradas no cerrado <i>sensu stricto</i> sobre Neossolo Quartzarênico da Chapada Grande Meridional, Piauí.	119
Tabela 3. Valores de correlação das variáveis nos primeiro e segundo eixos da Análise de Correspondência Canônica (CCA) para as amostras compostas de solos (0-15 cm de profundidade) do cerrado <i>sensu stricto</i> sobre Neossolo Quartzarênico na Chapada Grande Meridional, Piauí.....	123

Capítulo 6 - Cerrado *sensu stricto* sobre Neossolos Quartzarênicos: biogeografia e conservação

Tabela 1. Localização das áreas de cerrado <i>sensu stricto</i> sobre Neossolo Quartzarênico e classificação por Unidade Fisiográfica e Sistema de Terra (Cochrane <i>et al.</i> 1985), Unidade Ecológica (Silva <i>et al.</i> 2006) ampliada para os limites do bioma Cerrado (Felfili <i>et al.</i> no prelo).	141
Tabela 2. Espécies analisadas que ocorreram em duas áreas ou mais de cerrado <i>sensu stricto</i> sobre Neossolo Quartzarênico.....	144
Tabela 3. Características florísticas e estruturais das áreas analisadas de cerrado <i>sensu stricto</i> sobre Neossolo Quartzarênico.....	152

Tabela 4. Variáveis ambientais das oito áreas analisadas de cerrado <i>sensu stricto</i> sobre Neossolo Quartzarênico e suas respectivas Unidades Ecológicas.....	154
Tabela 5. Valores de correlação das variáveis no primeiro e segundo eixos da Análise de Correspondência Canônica (CCA) para as 80 parcelas amostradas em cerrado <i>sensu stricto</i> sobre Neossolo Quartzarênico.....	158

Introdução geral

O bioma Cerrado é uma formação complexa de vegetação, caracterizada por um mosaico de fisionomias que variam desde campos, passando por vegetação arbustiva esparsa até matas, mostrando assim uma grande variabilidade estrutural e grandes diferenças em porte e densidade (Eiten 1972, IBGE 1992).

A flora do cerrado é rica e diversa, com mais de 12.356 espécies (Mendonça *et al.* no prelo). As diferentes composições florísticas e densidades encontradas entre áreas de cerrado *sensu stricto* (s.s.) são consequência das variações ambientais, principalmente em relação aos fatores edáficos, proximidade do lençol freático, devido à variação topográfica, altitude e regime do fogo (Furley & Ratter 1988; Oliveira-Filho *et al.* 1989; Felfili & Silva Júnior 1993; Ribeiro & Walter 1998; Ratter *et al.* 2003).

Apesar de possuir uma grande importância ecológica, o Cerrado é um dos biomas mais ameaçados no mundo, considerado como um *hotspot* (Myers *et al.* 2000) e a remoção das áreas nativas tem sido muito acelerada nas últimas décadas (Aguiar *et al.* 2004).

Estudos fitogeográficos no bioma Cerrado têm demonstrado a existência de padrões fitogeográficos baseados na distribuição e densidade das espécies lenhosas (Ratter & Dargie 1992; Felfili & Silva Junior 1993, 2001, 2005; Felfili *et al.* 1994, 1997, 2004, 2007; Castro & Martins 1999; Ratter *et al.* 2003, 2005; Bridgewater *et al.* 2004; Silva *et al.* 2006).

O Latossolo predomina na região dos cerrados (Goodland 1971), representando cerca de 46% dos seus solos, seguido pelo Neossolo Quartzarênico com 15,2% (Reatto *et al.* 1998, 2005). A maioria dos estudos sobre as variações nas características das comunidades de cerrado s.s. é sobre vegetações sobre Latossolo, de modo que as relações solo-vegetação em Neossolo Quartzarênico ainda são pouco estudadas (Haridasan 2001, 2007; Lindoso & Felfili 2007).

Padrões fitogeográficos para o cerrado s.s. ocorrentes em solos arenosos começam a ser delineados a partir de levantamentos realizados em cerrados sobre Neossolo Quartzarênicos no Brasil Central no âmbito do Projeto Biogeografia do Bioma Cerrado na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco, localizada na Bahia e Minas Gerais (Felfili & Silva Júnior 2001, 2005; Felfili *et al.* 2004; Mendonça *et al.* 2000), na Chapada dos Guimarães (Oliveira-Filho *et al.* 1989) e em cerrados marginais localizados nos municípios de Brotas (Duringan *et al.* 2002) e Patrocínio Paulista (Teixeira *et al.* 2004), ambos no Estado de São Paulo, e no Parque Nacional de Sete Cidades, no Piauí (Oliveira 2004).

A vegetação de cerrado s.s. cobre aproximadamente 33% do Estado do Piauí (Oliveira *et al.* 1997; Castro *et al.* 1998) e, junto com os cerrados do Maranhão, ocupa cerca de 14% da região Nordeste (Castro *et al.* 2007). Vários autores (Castro *et al.* 1998; Castro & Martins 1999; Costa 2005) têm ressaltado a necessidade de estudos sobre a composição florística e estrutura da vegetação dos cerrados marginais do Nordeste, assim como estudos para a determinação de padrões biogeográficos relacionando a florística e estrutura da vegetação do Cerrado com as condicionantes ambientais (Silva *et al.* 2006), especialmente em comunidades encontradas sobre Neossolo Quartzarênico (Haridasan 2001, 2007; Lindoso & Felfili 2007).

Comparações florísticas e fitossociológicas envolvendo o cerrado s.s. levando em conta o mesmo tipo de solo e o mesmo método de amostragem, para os cerrados do Nordeste e do Planalto Central, tornam-se necessárias para elucidar os padrões de distribuição de espécies e sua relação com o ambiente.

A hipótese testada neste trabalho foi de que existem variações florísticas e estruturais no componente arbóreo do cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico no bioma Cerrado em função de gradientes ambientais como variações químicas e texturais do solo, latitude, altitude e clima.

Os principais objetivos do presente trabalho foram:

- Estudar a estrutura comunitária e a diversidade do componente lenhoso do cerrado *sensu stricto* sobre Neossolos Quartzarênicos no Parque Nacional de Sete Cidades e na Chapada Grande Meridional, Piauí (Capítulos 2 e 4);
- Relacionar as variáveis edáficas e de altitude ocorrentes nessas áreas com a vegetação encontrada (Capítulos 3 e 5);
- Comparar os levantamentos realizados no Piauí com outros levantamentos realizados em cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico, sob o mesmo método de amostragem, no Brasil Central (Capítulo 6);
- Relacionar os padrões florísticos e estruturais da vegetação lenhosa do cerrado *sensu stricto* sobre Neossolos Quartzarênicos com fatores ambientais (Capítulo 6).

Para atingir os objetivos propostos foram realizados levantamentos fitossociológicos em duas áreas de cerrado s.s. sobre Neossolos Quartzarênicos no Estado do Piauí. As áreas amostradas foram no Parque Nacional de Sete Cidades, nos municípios de Brasileira e Piracuruca, e na Chapada Grande Meridional, nos municípios de Arraial e Regeneração. Em cada área estudada, foi amostrado um hectare através da alocação de dez parcelas de 20 m X

50 m distribuídas nas manchas de Neossolos encontradas em cada área de estudo, onde foram mensurados os indivíduos com diâmetro igual ou maior a 5 cm, a 0,30 m do solo. Foram analisados os parâmetros fitossociológicos de cada área, de acordo com Mueller & Dombois (2002), a diversidade alfa pelo índice de diversidade de Shannon e equabilidade de Pielou (Magurran 1988) e a diversidade beta pelos índices de similaridade de Sørensen e Czekanowski (Kent & Coker 1992). As parcelas foram classificadas pelo método TWINSpan (Two Way Indicator Species Analysis) (Hill 1979), onde os dados são classificados de forma dicotômica a partir de espécies preferenciais e assim, as parcelas são classificadas de acordo com o grupo de espécies presentes. Dessa forma, a estrutura comunitária e a diversidade do estrato lenhoso foram descritas para essas áreas (Capítulos 2 e 4).

Em cada área analisada, foram coletadas amostras compostas de solos dentro de cada parcela e medidas as altitudes. As amostras de solo tiveram as análises químicas e texturais realizadas no Laboratório de Química Analítica da Embrapa Cerrados. Foram construídas matrizes com as variáveis ambientais de cada parcela e com as densidades de espécies por parcelas, para a realização da ordenação através da Análise de Correspondência Canônica (CCA) (Ter Braak 1986). A CCA é uma análise direta de gradientes, baseada em análises de correspondência junto com regressões múltiplas, dessa forma obtém-se uma ordenação de espécies e/ou parcelas ao longo dos eixos de ordenação, em relação às suas similaridades de composição de espécies ou variações ambientais associadas (Kent & Coker 1992). Assim, foi investigada a relação entre variação da vegetação nas áreas estudadas, com as variações ambientais (Capítulos 3 e 5).

Amostragens realizadas de forma padronizada, com a mesma metodologia de amostragem adotada neste trabalho, em cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico no Brasil Central, no âmbito do Projeto Biogeografia do Bioma Cerrado, foram utilizadas para a comparação entre áreas do Brasil Central (duas em Goiás, uma em Mato Grosso, duas na Bahia e uma em Minas Gerais) e do Nordeste (duas no Piauí), totalizando oito áreas comparadas. Foi realizada a classificação das parcelas através do método TWINSpan. Com a utilização de matrizes de espécies por parcela de cada área e de variáveis ambientais por parcela, como variações geográficas (latitude, longitude e altitude) e climáticas (precipitação média anual, temperaturas mínima, máxima e médias anuais, número de meses secos e horas de insolação) foi realizada a Análise de Correspondência Canônica. Dessa forma, levantamentos em cerrado s.s. sobre Neossolos Quartzarênicos foram comparados e foram relacionados os padrões florísticos e estruturais desses cerrados com fatores ambientais

(Capítulo 6).

Referências bibliográficas

- Aguiar, L. M. S.; Machado, R. B.; Marinho Filho, J. A. 2004. Diversidade Biológica do Cerrado. Pp: 17-40. *In*: Aguiar, L. M. S. & Camargo, A. J. A. (ed.). **Cerrado: ecologia e caracterização**. Planaltina, Embrapa Cerrados.
- Bridgewater, S.; Ratter, J.A.; Ribeiro, J.F. 2004. Biogeographic patterns, β -diversity and dominance in the Cerrado biome of Brazil. **Biodiversity and Conservation** **13**: 2295-2318.
- Castro, A.A.J.F.; Castro N.M.C.F.; Costa, J.M.; Farias, R.R.S.; Mendes, M.R.A.; Albino, R.S.; Barros, J.S.; Oliveira, M.E.A. 2007. Cerrados marginais do Nordeste e ecótonos associados. **Revista Brasileira de Biociências** **5**(1): 273-275.
- Castro, A.A.J.F. & Martins, F.R. 1999. Cerrados do Brasil e do Nordeste: caracterização, área de ocupação e considerações sobre a sua fitodiversidade. **Pesquisa Foco** **7**(9):147-178.
- Castro, A.A.J.F.; Martins, F.R.; Fernandes, A.G. 1998. The woody flora of cerrado vegetation in the State of Piauí, Northeastern Brazil. **Edinburgh Journal of Botany** **55**(3): 455-472.
- Costa, J.M. 2005. Estudo fitossociológico e sócio-ambiental de uma área de cerrado com potencial melitófilo no município de Castelo do Piauí, Piauí, Brasil. **Dissertação de Mestrado**. Teresina, Universidade Federal do Piauí.
- Durigan, G.; Nishikawa, D.L.L; Rocha, E.; Silveira, E.R.; Pulitano, F.M.; Regalado, L.B.; Carvalhaes, M.A.; Paranaguá, P.A; Ranieri, V.E.L. 2002. Caracterização de dois estratos da vegetação de uma área de cerrado no município de Brotas, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasílica** **16**(3): 252-262.
- Eiten, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. **Botanical Review** **38**: 201-304.
- Felfili, J.M. & Silva Júnior, M.C. 1993. A comparative study of cerrado (*sensu stricto*) vegetation in Central Brazil. **Journal of Tropical Biology** **9**: 277-289.
- Felfili, J.M. & Silva Júnior, M.C. 2001. **Biogeografia do bioma cerrado**: estudo fitofisionômico na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco. Brasília, Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal. 144 p.
- Felfili, J.M. & Silva Júnior, M.C. 2005. Diversidade alfa e beta no cerrado *sensu stricto*, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais e Bahia. Pp: 143-154. *In*: Scariot, A.; Sousa-Silva, J.C.; Felfili, J.M (orgs). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente.

- Felfili, J.M.; Filgueiras, T.S.; Haridasan, M.; Silva Júnior, M.C.; Mendonça, R.; Rezende, A.V. 1994. Projeto Biogeografia do Bioma Cerrado: Vegetação e solos. **Cadernos de Geociências do IBGE 12**:75-166.
- Felfili, J.M.; Silva Júnior, M.C.; Rezende, Nogueira, P.E.; Walter, B.M.T.W.; Silva, M.A. & Encinas, J.I. 1997. Comparação florística e fitossociológica do cerrado nas Chapadas Pratinha e dos Veadeiros. *In*: Leite, L; Saito, C. (eds). **Contribuição ao conhecimento ecológico do cerrado**. Brasília-DF: UnB.
- Felfili, J.M.; Silva Júnior, M.C.; Sevilha, A.C.; Fagg, C.W.; Walter, B.M.T.W.; Nogueira, P.E; Rezende, A.V. 2004. Diversity, floristic and structural patterns of cerrado vegetation in Central Brazil. **Plant Ecology 175**: 37-46.
- Felfili, J.M; Rezende, A.V.; Silva Júnior, M.C. 2007. **Biogeografia do Bioma Cerrado: vegetação e solos da Chapada dos Veadeiros**. Brasília, Editora Universidade de Brasília/Finatec. 256p.
- Furley, P.A & Ratter, J.A. 1988. Soil resources and plant communities of the central Brazilian cerrado and their development. **Journal of Biogeography 15**(1): 97-108.
- Goodland, R. 1971. A physiognomic analysis of the “cerrado” vegetation of Central Brasil. **The Journal of Ecology 59**(2): 411-419.
- Haridasan, M. 2001. Solos. Pp: 12-17. *In*: Felfili, J.M. & Silva Júnior, M.C (orgs). **Biogeografia do bioma cerrado: estudo fitofisionômico na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco**. Brasília, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal.
- Haridasan, M. 2007. Solos. Pp: 27-43. *In*: Felfili, J.M; Rezende, A.V.; Silva Júnior, M.C (orgs). 2007. **Biogeografia do Bioma Cerrado: vegetação e solos da Chapada dos Veadeiros**. Brasília, Editora Universidade de Brasília/Finatec.
- Hill, M.O. 1979. **TWINSPAN – a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordeneted two-way table by classification of the individuals and attributes**. Ithaca, Cornell University. 90p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1992. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, IBGE. 92 p.
- Kent, M.; Coker, P. 1992. **Vegetation description and analysis: a practical approach**. London, CRC Press & Belhaven Press. 354 p.
- Lindoso, G.S & Felfili, J.M. 2007. Características florísticas e estruturais de Cerrado *sensu stricto* em Neossolo Quartzarênico. **Revista Brasileira de Biociências 5**(2):102-104.

- Magurran, A.E. 1988. **Ecological diversity and its measurement**. London, Croom Helm. 256 p.
- Mendonça, R.C.; Felfili, J.M.; Fagg, C.W.; Silva, M.A.; Filgueiras, T.S.; Walter, B.M.T. 2000. Florística da região do Espigão Mestre do São Francisco, Bahia e Minas Gerais. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer 6**: 38-94.
- Mueller-Dombois, D. & Ellemberg, H. 2002. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York, Blackburn Press. 547p.
- Myers, N.; Mittermeier, R.A.; Mittermeier, C.G.; Fonseca, G.A.B.; Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature 403**: 853-858.
- Oliveira, M.E.A.; Sampaio, E.V.S.B.; Castro, A.A.J.F.; Rodal, M.J.N. 1997. Flora e fitossociologia de uma área de transição carrasco-caatinga de areia em Padre Marcos, Piauí. **Naturalia 22**: 131-150.
- Oliveira, M.E.A. 2004. Mapeamento, florística e estrutura da transição campo-floresta na vegetação (cerrado) do Parque Nacional de Sete Cidades, Nordeste do Brasil. **Tese de Doutorado**. Campinas, Universidade Estadual de Campinas.
- Oliveira-Filho, A.T.; Shepherd, G.J.; Martins, F.R.; Stubblebine, W.H. 1989. Environmental factors affecting physiognomics and floristic variation in an area of cerrado in central Brazil. **Journal of Tropical Ecology 5**: 413-431.
- Ratter, J.A. & Dargie, T.C.D. 1992. An analysis of the floristic composition of 26 cerrado areas in Brazil. **Edinburgh Journal of Botany 49**(2): 235-250.
- Ratter, J.A.; Bridgewater, S.; Ribeiro, J.F. 2003. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: Comparison of the wood vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany 60**:57-109.
- Ratter, J.A.; Bridgewater, S.; Ribeiro, J.F. 2005. Biodiversity patterns of the woody vegetation of the Brazilian Cerrados. Pp.31-58. *In*: Pennington, R.T., Lewis, G.P., Ratter J.A. **Neotropical Savannas and dry forests: Diversity, Biogeography and Conservation**.
- Reatto, A.; Correia, J.R. & Spera, S.T. 1998. Solos do bioma cerrado: aspectos pedológicos. Pp. 47-86. *In*: Sano, S.M. & S.P. Almeida (eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, Embrapa Cerrados.
- Reatto, A.; Martins, E.S. Classes de solo em relação aos controles da paisagem do bioma Cerrado. 2005. Pp.49-59. *In*: Scariot, A.; Souza-Silva, J.C.; Felfili, J.M. (orgs). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente.

- Ribeiro, J.F. & Walter, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do bioma Cerrado. Pp. 89-166. *In*: Sano, S.M. & Almeida, S.P. de. (eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados.
- Silva, J.F.; Fariñas, M.R.; Felfili, J.M.; Klink, C.A. 2006. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. **Journal of Biogeography** **33**: 536-548.
- Teixeira, M.I.J.; Araujo, A.R.B.; Valeri, S.V; Rodrigues, R.R. 2004. Florística e fitossociologia de área de cerrado s.s no município de Patrocínio Paulista, nordeste do Estado de São Paulo. **Bragantia** **63**(1): 1-11.
- Ter Braak, C.J.F. 1986. Canonical Correspondence Analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* **67**(5):1167-1179.

Revisão de literatura

1. Savanas tropicais

A quantidade e distribuição temporal da precipitação são os principais responsáveis nas variações climáticas e vegetacionais nas regiões tropicais (Lathwell & Grove 1986). Nessas regiões, os solos são mais intemperizados do que em regiões temperadas, devido à estabilidade geológica das paisagens tropicais por longos períodos, especialmente na América do Sul e África, e devido às grandes quantidades de chuvas (Lathwell & Grove 1986).

As savanas tropicais cobrem cerca de 23 milhões de km², o que equivale a 20% da superfície terrestre, situadas entre as florestas equatoriais úmidas e as regiões áridas e semi-áridas das latitudes intermediárias (Cole 1986, Collinson 1988). Walter (1986) identificou zonobiomas dividindo a vegetação mundial a partir de grandes zonas climáticas. Nesse caso, as savanas se encontram no Zonobioma da região tropical úmido-árida de chuvas estivais e de florestas de folhas caducas, onde predomina a alta temperatura, típicas das regiões tropicais e com um período de estiagem comum nos interiores dos continentes (Gillet 2005), agregando tanto as formações savânicas quanto as florestas estacionais. As savanas tropicais encontram-se distribuídas em quatro continentes: África com 65% de cobertura, 60% da Austrália, 45% da América do Sul e 10% da Índia e Sudeste Asiático (Cole 1986). Importantes fatores ambientais são determinantes para a ocorrência desse Bioma, como clima, solo, hidrologia, geomorfologia, fogo e pastagem de animais (Cole 1986, Mistry 2000).

Um mosaico de diferentes tipos de savanas é encontrado na Região Neotropical, correspondendo a quase 3 milhões de km² e com ocorrência no Brasil, Venezuela, Colômbia, Paraguai, Bolívia e norte da Argentina, além da América Central. As variações entre estas savanas são observadas através de suas fitofisionomias e composição florística: ocorrem desde campos com árvores espalhadas até florestas com esparsa cobertura heterogênea de gramíneas (Mistry 2000), podendo localizar-se em ambientes úmidos, com inundações sazonais, ou secos. Em algumas regiões, como no Cerrado brasileiro ou nos Llanos venezuelanos e colombianos, as savanas constituem uma paisagem contínua, que são interrompidas por outras formações vegetacionais, formando ambientes descontínuos em uma escala local. Em algumas áreas, as savanas ocorrem de maneira fragmentada, no meio de outras formações maiores (Mistry 2000). A distribuição da savana no Brasil e em outros territórios vizinhos é explicada por fatores climáticos, pedológicos e bióticos, e suas

interações (Cole 1986). Regionalmente, a importância relativa de determinado fator pode variar, mas em qualquer local a vegetação é reflexo de um delicado balanço com o ambiente.

Para Cole (1986), a vegetação de savana compreende um estrato gramíneo contínuo, usualmente com árvores ou arbustos, com estrutura e características funcionais similares, o que inclui comunidades de plantas com uma diversa composição florística e com fisionomias variando de campos até florestas decíduas, ocorrendo em áreas com regime de chuva durante o verão e período de seca que pode durar de quatro a oito meses na estação mais fria. Essa definição inclui como biomas savânicos no Brasil, o Cerrado, o Pantanal e a Caatinga, que apresentam clima estacional variando do equatorial-tropical ao semi-árido. O Cerrado apresenta precipitação média anual de 1.500 mm, com cerca de cinco meses de estiagem (Nimer 1989), a Caatinga com precipitação média anual de 750 mm, concentrados e distribuídos irregularmente em três meses consecutivos (Araújo *et al.* 2005), e o Pantanal com precipitação anual entre 1.200 a 1.400 mm, com mais de 80% na estação chuvosa (novembro a março) (Hueck 1972), sendo que este último se destaca por um regime de cheias que geram áreas permanentemente ou estacionalmente inundadas em função do regime hídrico na bacia do Rio Paraguai (Cole 1986) e da declividade praticamente nula em planícies deprimidas (Ribeiro & Walter 1998).

2. O bioma Cerrado

O Cerrado é uma formação complexa de vegetação, caracterizada por um mosaico de fisionomias que variam desde campos, passando por vegetação arbustiva esparsa até matas, mostrando assim uma grande variabilidade estrutural e grandes diferenças em porte e densidade (Eiten 1972, IBGE 1992).

A vegetação do bioma Cerrado estende-se pelo Brasil Central em uma diagonal entre o litoral nordeste a leste e o Chaco a oeste (IBGE 2006), ocupando mais de 2,0 milhões de km², e situado entre as latitudes 3°- 24° S e longitude 41°- 63° W. Ocorre em altitudes que variam de cerca de 8 m, a exemplo dos cerrados do Litoral e do Nordeste (Castro & Martins 1999), a mais de 1650 m, na Chapada dos Veadeiros, em Goiás (Felfili *et al.* 2007, Ratter *et al.* 1997). Está presente nos estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, oeste da Bahia, oeste de Minas Gerais e o Distrito Federal, estendendo-se para o norte do Maranhão e Piauí e com filamentos em Rondônia e no Estado de São Paulo. Áreas isoladas de cerrado também são encontradas nos estados do Amapá, Amazonas, Pará, Roraima e pequenas ilhas no Paraná (Ratter *et al.* 1997, Ribeiro & Walter 1998).

O clima no Cerrado é estacional, com um período seco que, dependendo da região, dura de três a sete meses (IBGE 1992). A precipitação média anual é de 1.500 mm (Nimer 1989) e as temperaturas médias variam entre 22°C e 27°C (Klink & Machado 2005). A sua distribuição espacial está relacionada a determinados tipos de solos, em sua maioria, profundos, álicos e distróficos, arenosos lixiviados ou litólicos, desenvolvidos a partir de terrenos de idade pré-cambriana até quaternária ao nível do mar (IBGE 1992). Esses solos possuem baixo pH e baixa disponibilidade de nutrientes (Furley & Ratter 1988).

O termo cerrado pode designar tanto os tipos de vegetação quanto o bioma ou área geográfica, sendo que neste último caso, é recomendável utilizar o termo em letra maiúscula (Ribeiro & Walter 1998). O cerrado *sensu lato* designa as formações savânicas e campestres, enquanto o cerrado *sensu stricto* designa o tipo fisionômico que mais caracteriza o bioma (Coutinho 1978; Ribeiro & Walter 1998).

A literatura sobre a vegetação do bioma Cerrado é extensa, com diversas classificações das suas fisionomias (Walter 2006). Para a classificação da vegetação do bioma Cerrado, segundo Ribeiro & Walter (1998), há onze tipos fitofisionômicos, enquadrados em formações florestais (onde são incluídos o cerradão, matas secas, mata de galeria e mata ciliar), formações savânicas (com diversas formas de cerrado *sensu stricto*, parque de cerrado, palmeirais e vereda) e formações campestres (com campo limpo, campo sujo e campo rupestre). Uma classificação geral baseada na presença e densidade de elementos lenhosos reconhece cinco tipos estruturais de vegetação de cerrado: campo limpo, campo sujo, campo cerrado, cerrado *sensu stricto* e cerradão (Goodland 1971, Furley & Ratter 1988, Oliveira-Filho & Ratter 2002, Ratter *et al.* 2005). As fisionomias do Cerrado predominam na paisagem onde o substrato predominante são solos distróficos e bem drenados (Oliveira-Filho & Ratter 2002) e se intercalam no espaço geográfico formando mosaicos de vegetação (Eiten 1972). Em locais com maior disponibilidade de água ou solos mais férteis, há o predomínio de formações florestais (Oliveira-Filho & Ratter 2002). As matas de galeria, que acompanham os riachos de pequeno porte e córregos no Brasil Central (Ribeiro & Walter 2001) constituem-se em florestas tropicais úmidas inseridas na matriz savânica com grande riqueza de espécies, muitas em comum com a Floresta Atlântica (Felfili *et al.* 2001). As matas secas relacionam-se às formações semelhantes às da Caatinga arbórea (Pennington *et al.* 2000), através de sua distribuição em um eixo nordeste-sudoeste, ligando a Caatinga ao Chaco (Prado & Gibbs 1993).

As diferenças nas fisionomias e na florística do Cerrado são determinadas por variações topográficas (profundidade do lençol freático), edáficas (teor de nutrientes no solo)

e o regime de fogo (Cochrane *et al.* 1985, Oliveira-Filho *et al.* 1989, Felfili & Silva-Júnior 1993, 2001, Ribeiro & Walter 1998, Ratter *et al.* 2005).

A diversidade de paisagens determina uma grande diversidade florística que coloca a flora do bioma Cerrado como a mais rica dentre as savanas do mundo (Ratter *et al.* 2000, Felfili *et al.* 2005). O padrão de diversidade da vegetação lenhosa do Cerrado consiste em um número moderado de espécies comuns, amplamente distribuídas pelo bioma, e um grande número de espécies raras restrita a poucas áreas (Ratter *et al.* 2003, 2005, Felfili & Silva-Júnior 1993, 2001, Felfili *et al.* 1994, 2004, Castro & Martins 1999, Bridgewater *et al.* 2004).

A flora do Cerrado é rica e diversa, com mais de 12.356 espécies (Mendonça *et al.* no prelo). As famílias mais representadas no bioma são Leguminosae, seguida de Compositae, Orchidaceae, Gramineae, Rubiaceae, Melastomataceae, Myrtaceae, Euphorbiaceae, Malpighiaceae e Lythraceae (Mendonça *et al.* 1998).

O Cerrado possui muitas espécies em comum com a Floresta Atlântica e Amazônica. Segundo Ratter *et al.* (2005), das 300 espécies mais comuns do Cerrado, 196 (65,3%) não são endêmicas desse bioma e dessas espécies, 54% estão associadas à Floresta Atlântica, 24% às matas secas e 8% com a Floresta Amazônica. Na borda nordeste do Cerrado, encontra-se também o ecótono Cerrado/Caatinga, ainda pouco estudado (Castro *et al.* 1998, Mendonça *et al.* 2000).

Apesar de possuir uma grande importância ecológica, o Cerrado é um dos biomas mais ameaçados no mundo, considerado como um *hotspot* (Myers *et al.* 2000), e a remoção das áreas nativas tem sido muito acelerada nas últimas décadas (Klink *et al.* 1993, Ratter *et al.* 1997, Aguiar *et al.* 2004, Ribeiro *et al.* 2005).

Os solos das savanas não são adequados às monoculturas, pois geralmente são distróficos, e a aplicação excessiva de insumos agrícolas e irrigação pode levar a sérios danos na estrutura do solo. Porém, a sua estrutura favorável à mecanização transformou o Cerrado na maior fronteira agrícola brasileira, especialmente para pastagens (Klink & Machado 2005) e o cultivo de soja (Klink *et al.* 1993, Ribeiro *et al.* 2005), que gerou um desmatamento de 54,9% até 2002 da superfície originalmente coberta por essa vegetação (Machado *et al.* 2004). O processo de desmatamento das savanas arbóreas, e demais fisionomias com quantidade significativa de espécies lenhosas, também acarreta sérios problemas a essas vegetações, levando à perda de cobertura vegetal, perda de biodiversidade, aumento do albedo e aumento das emissões de CO₂ que contribui para os problemas do aquecimento global (Gillet 2005), além de poluição de córregos e rios, extensas erosões e perda do solo e invasão por espécies exóticas, como as gramíneas africanas (Klink & Machado 2005).

3. Os padrões de distribuição da vegetação do bioma Cerrado

A biodiversidade, uma das principais características do mundo natural, é objeto de estudo de muitos cientistas. Buscando respostas para explicar o porquê da ocorrência da biodiversidade e quais as razões da variedade dos padrões de distribuição para diferentes espécies pela superfície da Terra são feitas há muitos séculos, por diferentes pesquisadores (Brown & Lomolino 1998). Estes autores apontam ainda que as espécies encontram-se limitadas em regiões geográficas devido principalmente às condições ambientais. Essas condições ambientais podem mudar em diversas escalas no tempo e no espaço, pois a Terra é dinâmica e as causas dessas mudanças sempre estão ocorrendo.

Para entender as relações entre a distribuição dos organismos, tanto em relação a abundância quanto às espécies, e os processos envolvidos na ocorrência de determinados padrões de distribuição, surgiu o estudo da Biogeografia que procura compreender, através de observações e comparações, as relações entre a distribuição dos organismos e os processos envolvidos na ocorrência de determinados padrões de distribuição (Brown & Lomolino 1998).

A fitogeografia, segundo Rizzini (1997), está baseada no estudo da estrutura das comunidades vegetais, fatores ambientais, distribuição, migração e dispersão dos vegetais, integrando diversas disciplinas relacionadas com a botânica, como a ecologia, fitossociologia e sistemática. Um aspecto importante da fitogeografia é que em dois lugares a vegetação pode ser semelhante em relação à fisionomia ou formação, como os cerrados brasileiros e as savanas africanas, mas a flora é completamente diferente (Rizzini 1997). Dentro da fitogeografia, a ecologia estuda as interações entre fatores ambientais e seres vivos; a fitossociologia estuda a estrutura da vegetação por meio de levantamentos e técnicas estatísticas, seguindo determinados critérios, como tipo de solo ou fisionomia de interesse, e a sistemática classifica as famílias, gêneros e espécies através da morfologia e genética. Dessa forma, a fitogeografia une essas disciplinas através do estudo da distribuição e das áreas ocupadas pelos táxons florísticos e as razões para a ocorrência dos padrões de distribuição. Assim é possível dividir o território em áreas florísticas, que fornecem importantes relações entre as diferentes vegetações e ambientes (Rizzini 1997).

Estudos fitogeográficos desenvolvidos no bioma Cerrado têm demonstrado a existência de padrões fitogeográficos baseados na distribuição e densidade das espécies lenhosas. Cochrane *et al.* (1985) identificaram 70 sistemas de terra em 25 Unidades Fisiográficas, mostrando a variação da vegetação devido à heterogeneidade ambiental do cerrado. Nesses sistemas de terra há um padrão recorrente de clima, paisagem, solos e

fitofisionomias. Esses padrões têm servido de base para o Projeto Biogeografia e Biodiversidade do Bioma Cerrado, onde já foram estudadas três unidades fisiográficas do Brasil Central: Chapada da Pratinha, Chapada dos Veadeiros e Espigão Mestre do São Francisco, que englobam seis sistemas de terra (Felfili *et al.* 1994, 1997, 2004, 2007, Felfili & Silva Junior 1993, 2001, 2005).

Silva *et al.* (2006) identificaram e mapearam a diversidade ecológica e ambiental de aproximadamente 80% do Cerrado do Brasil Central, e avaliaram os níveis de conversão para a agricultura e a extensão da proteção em unidades de conservação. Quarenta e uma variáveis, dentre as quais se destacam a drenagem, topografia e tipo dominante de vegetação, foram os fatores utilizados para a classificação espacial. Os resultados foram definidos em duas escalas: unidades de paisagens e unidades ecológicas. Em ambas as escalas de análise, a principal característica foi a heterogeneidade da região, pois as unidades estudadas ocorrem de maneira fragmentada, ao invés de em um contínuo geográfico. Nesse estudo foram definidas cinco Unidades de Paisagens e 15 Unidades Ecológicas, que não foram contínuas, representadas por áreas disjuntas localizadas em diferentes partes da região estudada.

De acordo com Castro & Martins (1999), com base em uma comparação florístico-geográfica, o bioma Cerrado, em termos de mesoescala, é composto por oito grupos, definidos devido à heterogeneidade espacial das espécies encontradas no cerrado: cerrados de São Paulo (Grupos SP1 e SP2), cerrados do Planalto Central (Grupos PC1, PC2, PC3), cerrados do Nordeste (Grupo NE), cerrados do Pantanal (Grupo PAN) e cerrados do Litoral (Grupo LIT). Para os autores, a distribuição da flora no bioma Cerrado ocorre de forma “areal”, isto é, não existe homogeneidade florística entre os oito grupos de cerrado estabelecidos, e sim uma flora característica para cada um desses grupos.

Castro & Martins (1999) complementam que os oito grupos podem ser distribuídos em três super-centros de biodiversidade: cerrados do Sudoeste Meridional, cerrados do Planalto Central e cerrados do Nordeste. Para os autores, a separação desses super-centros ocorre em função de duas barreiras climáticas: polígono das secas e polígono das geadas. Essas barreiras climáticas ocorrem devido à deficiência hídrica do solo, que aumenta do Planalto Central para o Nordeste, assim como a temperatura média, que diminui do Planalto Central para o Sudeste. Além disso, diferenças na altitude afetam a temperatura e outros aspectos do clima, reforçando a separação desses supercentros.

Castro & Martins (1999) discorrem ainda que, em geral, o padrão florístico do bioma Cerrado é lati-altitudinal. O padrão latitudinal é devido à amplitude dos cerrados no Brasil, que se distribuem ao longo de 20° (-4° a 24°S). Em termos de altitude, os cerrados do Litoral

e do Nordeste correspondem aos de baixa altitude (0 a 500 m), os de São Paulo, aos cerrados de média altitude (500 m a 900 m) e os do Planalto Central, aos cerrados de alta altitude (900 m a 1.200 m).

Ratter *et al.* (2003, 2005) revelam padrões que demonstram a existência de sete grupos geográficos naturais dentro do bioma Cerrado. Os autores, ao comparar esses grupos geográficos com o índice de similaridade de Sørensen, que considera a presença e ausência das espécies, encontraram padrões semelhantes aos de Castro & Martins (1999) com relação aos três super-centros de biodiversidade no bioma. Ratter *et al.* (2003, 2005) destacam que ao longo da região do Cerrado as deficiências hídricas do solo e as médias de temperatura tendem a aumentar na direção sudeste-nordeste e sugerem que a distribuição de espécies pode estar correlacionada com essas tendências. Além desses fatores, os autores destacam que o tipo de solo seria o fator que determina mais fortemente a diferenciação florística e estrutural das comunidades do cerrado. Somado aos fatores ambientais, o padrão atual de vegetação do bioma Cerrado reflete mudanças ocorridas durante os períodos Terciário e Quaternário. Os autores sugerem que os cerrados do Maranhão e do Piauí possuem uma flora peculiar com grande representatividade regional.

Ao amostrar de modo padronizado diferentes fitofisionomias de cerrado, Felfili & Silva Júnior (1993, 2001, 2005) e Felfili *et al.* (1994, 2004) sugerem que os gradientes fisiográficos como solo e relevo podem exercer maior influência nos padrões de diversidade beta do que as variações latitudinais e longitudinais dentro do bioma Cerrado, especialmente em relação à densidade de espécies, devido à distribuição desigual dos indivíduos nos locais ao longo do bioma.

4. Cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico

A maioria dos estudos sobre as variações nas características das comunidades de cerrado s.s. são de vegetações ocorrentes sobre Latossolo, que é o solo predominante na região dos cerrados (Goodland 1971), representando cerca de 46% dos solos que ocorrem nos cerrados, enquanto o Neossolo Quartzarênico está presente em 15,2% do Cerrado (Reatto *et al.* 1998; 2005).

O Neossolo Quartzarênico, doravante também denominado Neossolo, caracteriza-se por ser bem-drenado, ácido, com baixa fertilidade, e alta saturação de alumínio, além de apresentar pouca diferenciação nos perfis, com sequência de horizonte A-C, que têm no mínimo dois metros de profundidade (Goedert 1987; Furley & Ratter 1998). A coloração pode variar entre branco, acinzentado, amarelado e vermelho, sendo constituído

essencialmente de quartzo. Por possuir no máximo 15% de argila e em geral ausência de silte, sua textura pode ser classificada como arenosa à franco-arenosa (Reatto *et al.* 1998, Embrapa 1999). Em função da textura arenosa, a limitação da capacidade de armazenamento de água é severa, sobretudo em locais de maior macroporosidade, onde a areia grossa predomina sobre a fina (Sousa & Lobato 2005), sendo a disponibilidade de água para as plantas limitada aos primeiros 2 m de profundidade, variando em média de 70 a 200 mm (Reatto *et al.* 1998). Os baixos teores de argila e matéria orgânica reduzem a capacidade de agregação de partículas e adsorção de nutrientes, tornando o solo muito suscetível à erosão e à perda de nutrientes por lixiviação (Reatto *et al.* 1998).

A partir de levantamentos realizados em cerrados sobre Neossolo Quartzarênicos no Brasil Central, no âmbito do Projeto Biogeografia do Bioma Cerrado na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco, localizada na Bahia e Minas Gerais (Felfili & Silva Júnior 2001, 2005; Felfili *et al.* 2004; Mendonça *et al.* 2000) e outros estudos como na Chapada dos Guimarães (Oliveira-Filho *et al.* 1989) e em cerrados marginais localizados nos municípios de Brotas (Duringan *et al.* 2002) e Patrocínio Paulista (Teixeira *et al.* 2004), ambos no Estado de São Paulo e no Parque Nacional de Sete Cidades, no Piauí (Oliveira 2004), começam a ser delineados padrões fitogeográficos para o cerrado s.s. ocorrentes em solos arenosos, mesmo com a utilização de diferentes metodologias.

Nos cerrados s.s. sobre Neossolo Quartzarênico amostrados, a riqueza de espécies variou de 44 a 72, em Brotas (Duringan *et al.* 2002) e Piauí (Oliveira 2004), respectivamente, e a quantidade de famílias variou de 26 a 30, no Piauí (Oliveira 2004) e Patrocínio Paulista (Teixeira *et al.* 2004), respectivamente. A diversidade alfa pelo índice de Shannon variou de 3,02 nats.indiv⁻¹, em Brotas (Duringan *et al.* 2002) a 3,73 nats.indiv⁻¹ em Formosa do Rio Preto, na Bahia (Felfili & Silva Junior 2001), e a equabilidade de Pielou variou de 0,75 na Chapada dos Guimarães (Oliveira Filho *et al.* 1989) a 0,88 em Formosa do Rio Preto, na Bahia (Felfili & Silva-Junior 2001). Em relação à estrutura, a densidade variou de 686 indiv.ha⁻¹ em Correntina, na Bahia (Felfili & Silva Junior 2001) a 2711, no Piauí (Oliveira 2004) e a área basal de 6,19 m².ha⁻¹ em Correntina (Felfili & Silva Junior 2001) a 21,90 m².ha⁻¹ na Chapada dos Guimarães (Oliveira-Filho *et al.* 1989), ressaltando que foram utilizadas metodologias diferentes em cada trabalho, tanto no estabelecimento da unidade amostral quanto no critério de inclusão de indivíduos na amostragem.

Na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco, região denominada como “chapadão central” na interface da vegetação da caatinga nordestina, as áreas amostradas nos municípios de Correntina, São Desidério, Formosa do Rio Preto, na Bahia e Parque Nacional

Grande Sertão Veredas, em Minas Gerais, possuíram elevada similaridade florística, refletindo as similaridades físicas entre os locais dentro de uma unidade fisiográfica, mas a similaridade estrutural entre as áreas, levando em conta a densidade das espécies, foi baixa, refletindo uma vegetação heterogênea ao longo de sua extensão territorial (Felfili & Silva Junior 2001).

Sobre as relações entre variações florísticas e edáficas em cerrado s.s. estabelecido sobre solos arenosos, Haridasan (2001) mostrou, através da Análise de Componentes Principais, um gradiente nos teores de nutrientes disponíveis e pH dos solos associado ao cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico em quatro áreas na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco, no oeste da Bahia e Minas Gerais. Oliveira-Filho *et al.* (1989) realizaram um estudo no gradiente de cerrado sobre solos arenosos na Chapada dos Guimarães, onde foi encontrada, através da realização de análises multivariadas, maior influência das diferenças do regime de água nos solos e declividade associada à rochosidade nas variações da vegetação, em detrimento da textura e propriedades químicas, que se mostraram mais uniformes. O regime de água e a declividade exerceram influência na densidade das espécies, onde a abundância relativa variou bastante entre as espécies mais importantes e na altura dos indivíduos, que foram menores com o aumento da rochosidade, possivelmente limitados por períodos de deficiência hídrica e menor quantidade de solo entre os fragmentos de rocha.

Comparando os cerrados s.s. sobre Neossolo Quartzarênico ocorrentes em São Paulo com os cerrado s.s. sobre Neossolo ocorrentes no Brasil Central, Lindoso & Felfili (2007) notaram que estes cerrados apresentaram um gradiente decrescente de densidade do sul para o nordeste passando pelo Planalto Central e as similaridades florísticas foram baixas, tanto na comparação das áreas da Chapada dos Veadeiros e Chapada do Espigão Mestre do São Francisco com Brotas quanto com Patrocínio Paulista, ou seja, a diversidade beta foi elevada entre as áreas.

Referências bibliográficas

- Aguiar, L. M. S.; Machado, R. B.; Marinho Filho, J. A. 2004. Diversidade Biológica do Cerrado. Pp: 17-40. *In*: Aguiar, L. M. S. & Camargo, A. J. A. (ed.). **Cerrado: ecologia e caracterização**. Planaltina, Embrapa Cerrados.
- Araújo, F.S.; Rodal, M.J.N.; Barbosa, M.R.V. 2005. Repartição da flora lenhosa no domínio da Caatinga. Pp: 16-33. *In*: Araújo, F.S.; Rodal, M.J.N.; Barbosa, M.R.V. **Análise das**

- Variações da Biodiversidade do Bioma Caatinga: suporte a estratégias regionais de conservação.** Biodiversidade 12. Brasília, Ministério do Meio Ambiente.
- Bridgewater, S.; Ratter, J.A.; Ribeiro, J.F. 2004. Biogeographic patterns, β -diversity and dominance in the Cerrado biome of Brazil. **Biodiversity and Conservation** **13**: 2295-2318.
- Brown, H.J & Lomolino, M.V. 1998. **Biogeography**. USA, Sinauer Associates, 2º edição. 692 p.
- Castro, A.A.J.F. & Martins, F.R. 1999. Cerrados do Brasil e do Nordeste: caracterização, área de ocupação e considerações sobre a sua fitodiversidade. **Pesquisa Foco** **7(9)**:147-178.
- Castro, A.A.J.F.; Martins, F.R.; Fernandes; A.G. 1998. The woody flora of cerrado vegetation in the State of Piauí, Northeastern Brazil. **Edinburgh Journal of Botany** **55(3)**: 455-472.
- Cochrane, T.T.; Sanchez, L.G.; Azevedo, L.G.; Porras, J.A.; Garver, C.L. 1985. **Land in Tropical America**. Cali, CIAT/EMBRAPA. 3 vols.
- Cole, M.M. 1986. **The Savannas: biogeography and geobotany**. London. Academic Press. 438 p.
- Collinson, A.S. 1988. **Introduction to World Vegetation**. London, Unwin Hyman. 320 p.
- Coutinho, L.M. 1978. O conceito de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica** **1**:17-23.
- Durigan, G.; Nishikawa, D.L.L; Rocha, E.; Silveira, E.R.; Pulitano, F.M.; Regalado, L.B.; Carvalhaes, M.A.; Paranaguá, P.A; Ranieri, V.E.L. 2002. Caracterização de dois estratos da vegetação de uma área de cerrado no município de Brotas, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **16(3)**: 252-262.
- Eiten, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. **Botanical Review** **38**: 201-304.
- Embrapa. 1999. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 412 p.
- Felfili, J.M.; Mendonça, R.C.; Walter, B.M.T.; Silva Júnior, M.C.; Nóbrega, M.G.G.; Fagg, C.W.; Sevilha, A.C.; Silva, M.A. 2001. Flora fanerogâmica das Matas de Galeria e Ciliares do Brasil Central. Pp: 195-263. *In*: Ribeiro, J.F., Fonseca, C.E.L., Souza-Silva, J.C. (orgs.). **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. Planaltina, Embrapa Cerrados.
- Felfili, J. M.; Sousa-Silva, J. C.; Scariot, A. 2005. Biodiversidade, ecologia e conservação do Cerrado: avanços no conhecimento. Pp: 27-44. *In*: Scariot, A.; Souza-Silva, J. C.; Felfili, J. M. (Org.). **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente.

- Felfili, J.M. & Silva Júnior, M.C. 1993. A comparative study of cerrado (*sensu stricto*) vegetation in Central Brazil. **Journal of Tropical Biology** 9: 277-289.
- Felfili, J.M. & Silva Júnior, M.C. 2001. **Biogeografia do bioma cerrado**: estudo fitofisionômico na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco. Brasília, Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal. 144 p.
- Felfili, J.M. & Silva Júnior, M.C. 2005. Diversidade alfa e beta no cerrado *sensu stricto*, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais e Bahia. Pp: 143-154. *In*: Scariot, A.; Sousa-Silva, J.C.; Felfili, J.M (orgs). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente.
- Felfili, J.M.; Filgueiras, T.S.; Haridasan, M.; Silva Júnior, M.C.; Mendonça, R.; Rezende, A.V. 1994. Projeto Biogeografia do Bioma Cerrado: Vegetação e solos. **Cadernos de Geociências do IBGE** 12:75-166.
- Felfili, J.M.; Silva Júnior, M.C.; Rezende, Nogueira, P.E.; Walter, B.M.T.W.; Silva, M.A. & Encinas, J.I. 1997. Comparação florística e fitossociológica do cerrado nas Chapadas Pratinha e dos Veadeiros. *In*: Leite, L; Saito, C. (eds). **Contribuição ao conhecimento ecológico do cerrado**. Brasília-DF: UnB.
- Felfili, J.M.; Silva Júnior, M.C.; Sevilha, A.C.; Fagg, C.W.; Walter, B.M.T.W.; Nogueira, P.E; Rezende, A.V. 2004. Diversity, floristic and structural patterns of cerrado vegetation in Central Brazil. **Plant Ecology** 175: 37-46.
- Felfili, J.M; Rezende, A.V.; Silva Júnior, M.C. 2007. **Biogeografia do Bioma Cerrado: vegetação e solos da Chapada dos Veadeiros**. Brasília, Editora Universidade de Brasília/Finatec. 256p.
- Furley, P.A & Ratter, J.A. 1988. Soil resources and plant communities of the central Brazilian cerrado and their development. **Journal of Biogeography** 15(1): 97-108.
- Gillet, M. 2005. **Ecosystems**. London: Hodder Murray. 144p.
- Goedert, W.J. 1987. Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. São Paulo / Brasília, Nobel / Embrapa Cerrados. 422 p.
- Goodland, R. 1971. A physiognomic analysis of the “cerrado” vegetation of Central Brasil. **The Journal of Ecology** 59(2): 411-419.
- Haridasan, M. 2001. Solos. Pp: 12-17. *In*: Felfili, J.M. & Silva Júnior, M.C (orgs). **Biogeografia do bioma cerrado**: estudo fitofisionômico na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco. Brasília, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal.

- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1992. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, IBGE. 92 p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2006. Mapa dos Biomas. www.ibge.gov.br.
- Klink, C.A.; Moreira, A.G.; Solbrig, O.T. 1993. Ecological impact of agricultural development in the Brazilian Cerrados. Pp: 259 – 282. In: Young, M.D. & Solbrig, O.T. **The World's Savannas**. Paris, Unesco / The Parthenon Publishing Group.
- Klink, C.A. & Machado, R.B. 2005. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade** 1(1): 147-155.
- Lathwell, D. J. & Grove, T. L. 1986. Soil – plant relationships in the tropics. **Annual Review of Ecology and Systematics** 17: 1-16.
- Lindoso, G.S & Felfili, J.M. 2007. Características florísticas e estruturais de Cerrado *sensu stricto* em Neossolo Quartzarênico. **Revista Brasileira de Biociências** 5(2):102-104.
- Machado, R.B.; Ramos Neto, M.B.; Pereira, P.G.P; Caldas, E.F.; Gonçalves, D.A; Santos, N.S.; Tabor, K.; Steininger, M. 2004. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Relatório técnico não publicado. Brasília, Conservação Internacional. 26 p.
- Mendonça, R.C.; Felfili, J.M.; Fagg, C.W.; Silva, M.A.; Filgueiras, T.S.; Walter, B.M.T. 2000. Florística da região do Espigão Mestre do São Francisco, Bahia e Minas Gerais. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer** 6: 38-94.
- Mendonça, R.C.; Felfili, J.M.; Walter, B.M.; Silva, M.C.; Rezende, A.V.; Filgueiras, T.S.; Nogueira, P.E.N. 1998. Flora vascular do Cerrado. Pp: 289-556. In: Sano, S.M. & Almeida, S.P. de. (orgs.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, Embrapa Cerrados.
- Mistry, J. 2000. **World Savannas: ecology and human use**. London, Prentice Hall. 344 p.
- Myers, N.; Mittermeier, R.A.; Mittermeier, C.G.; Fonseca, G.A.B.; Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** 403: 853-858.
- Nimer, E. 1989. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro, IBGE. 421 p.
- Oliveira, M.E.A. 2004. Mapeamento, florística e estrutura da transição campo-floresta na vegetação (cerrado) do Parque Nacional de Sete Cidades, Nordeste do Brasil. **Tese de Doutorado**. Campinas, Universidade Estadual de Campinas.
- Oliveira-Filho, A.T. & Ratter, J.A. 2002. Vegetation physiognomies and woody flora of the Cerrado biome. Pp: 91-120. In: Oliveira, P.S. & Marquis, R.J. **The Cerrados of Brasil**. New York, Columbia University Press.

- Oliveira-Filho, A.T.; Shepherd, G.J.; Martins, F.R.; Stubblebine, W.H. 1989. Environmental factors affecting physiognomics and floristic variation in an area of cerrado in central Brazil. **Journal of Tropical Ecology** **5**: 413-431.
- Pennington R.T.; Prado, D.E.; Pendry, C.A. 2000. Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. **Journal of Biogeography** **27**: 261–273.
- Prado, D.E. & Gibbs, P.E. 1993. Patterns of species distributions in the dry seasonal forests of South America. **Annals of the Missouri Botanical Garden** **80**: 902-927.
- Ratter, J.A.; Ribeiro, J.F.; Bridgewater, S. 1997. The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany** **80**: 223-230.
- Ratter, J.A.; Bridgewater, S.; Ribeiro, J.F. 2003. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: Comparison of the wood vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany**. **60**:57-109.
- Ratter, J.A.; Bridgewater, S.; Ribeiro, J.F. 2005. Biodiversity patterns of the woody vegetation of the Brazilian Cerrados. Pp.31-58. *In*: Pennington, R.T., Lewis, G.P., Ratter J.A. **Neotropical Savannas and dry forests: Diversity, Biogeography and Conservation**.
- Ratter, J.A.; Bridgewater, S.; Ribeiro, J.F.; Dias, T.A.B.; Silva, M.R. 2000. Distribuição das espécies lenhosas da fitofisionomia Cerrado sentido restrito nos estados compreendidos pelo bioma Cerrado. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer** **5**: 5-43.
- Reatto, A.; Correia, J.R. & Spera, S.T. 1998. Solos do bioma cerrado: aspectos pedológicos. Pp. 47-86. *In*: Sano, S.M. & S.P. Almeida (eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, Embrapa Cerrados.
- Reatto, A.; Martins, E.S. Classes de solo em relação aos controles da paisagem do bioma Cerrado. 2005. Pp.49-59. *In*: Scariot, A.; Souza-Silva, J.C.; Felfili, J.M. (orgs). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente.
- Ribeiro, J.F. & Walter, B.M.T. 2001. As Matas de Galeria no contexto do bioma Cerrado. Pp: 29-47. *In*: Ribeiro, J.F., Fonseca, C.E.L., Souza-Silva, J.C. (orgs.). **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. Planaltina, Embrapa Cerrados.
- Ribeiro, J.F.; Bridgewater, S.; Ratter, J.A.; Sousa-Silva, J.C. 2005. Ocupação do bioma Cerrado e conservação da sua diversidade vegetal. Pp: 385-399. *In*: Scariot, A.; Souza-Silva, J.C.; Felfili, J.M. (orgs). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente.

- Ribeiro, J.F. & Walter, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do bioma Cerrado. Pp. 89-166. *In*: Sano, S.M. & Almeida, S.P. de. (eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados.
- Rizzini, C.T. **Tratado de Fitogeografia do Brasil: aspectos sociológicos, ecológicos e florísticos**. Rio de Janeiro, Âmbito Cultural Edições Ltda. 1997. 747p.
- Silva, J.F.; Fariñas, M.R.; Felfili, J.M.; Klink, C.A. 2006. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. **Journal of Biogeography** **33**: 536-548.
- Sousa, D.M.G. & Lobato, E. 2005. Areias Quartzosas / Neossolo Quartzarênico. **www.embrapa.com.br**.
- Teixeira, M.I.J.; Araujo, A.R.B.; Valeri, S.V; Rodrigues, R.R. 2004. Florística e fitossociologia de área de cerrado s.s no município de Patrocínio Paulista, nordeste do Estado de São Paulo. **Bragantia** **63**(1): 1-11.
- Walter, B.M.T. 2006. Fitofisionomias do bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas. Tese de Doutorado. Brasília, Universidade de Brasília. 373 p.
- Walter, H. 1986. **Vegetação e Zonas Climáticas: tratado de ecologia global**. São Paulo, Editora Pedagógica e Universitária.

Diversidade e estrutura do cerrado *sensu stricto* sobre areia (Neossolo Quartzarênico) no Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí ¹

RESUMO

(Diversidade e estrutura do cerrado *sensu stricto* sobre areia (Neossolo Quartzarênico) no Parque Nacional de Sete Cidades – Piauí). O Parque Nacional de Sete Cidades – PI apresenta elevada heterogeneidade de paisagens com diferentes fitofisionomias. O objetivo deste trabalho foi estudar a vegetação lenhosa do cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico desta área. Foram amostradas dez parcelas de 20 x 50 m distribuídas nas manchas de cerrado sobre Neossolo. Foram encontradas 45 espécies e 40 gêneros em 21 famílias botânicas com densidade de 1017 indiv.ha⁻¹ e área basal de 10,71 m².ha⁻¹. As espécies amostradas representam uma mistura de espécies de ampla distribuição nas zonas de baixa altitude do bioma Cerrado (*Curatella americana*), espécies típicas dos cerrados marginais do Nordeste (como *Copaifera coriacea*, *Stryphnodendron coriaceum*, *Parkia platycephala* e *Caryocar coriaceum*) e espécies de ampla distribuição no bioma (como as espécies do gênero *Qualea*). Os limites superiores de altura dos indivíduos (até 20 m) foram superiores àqueles descritos na literatura para o cerrado s.s., indicando que o padrão estrutural dos cerrados do Nordeste possuem árvores mais altas do que os cerrados do Planalto Central, porém com menor riqueza florística no estrato lenhoso. A diversidade alfa obtida pelo índice de diversidade de Shannon foi 3,07 e a equabilidade foi 0,80. A diversidade beta entre as parcelas foi alta, indicando a elevada heterogeneidade ambiental do Parque e a complementaridade das manchas de cerrado para a manutenção da diversidade.

Palavras chaves: fitossociologia, savanas, trópicos.

¹ Artigo a ser submetido para a Revista Acta Botanica Brasilica.

Introdução

O bioma Cerrado estende-se pelo Brasil Central em uma diagonal entre o litoral nordeste a leste e o chaco a oeste (IBGE 2006 a), cobrindo cerca de 2,5 milhões km². Ocorre em altitudes que variam de cerca de 8 m, a exemplo dos cerrados do Litoral e do Nordeste (Castro & Martins 1999), a mais de 1.650 m, na Chapada dos Veadeiros, em Goiás (Felfili *et al.* 2007).

O cerrado *sensu stricto* (s.s.), uma das principais fisionomias do bioma Cerrado (Ribeiro e Walter 1998), é frequentemente estudado quando ocorre sobre Latossolos, que é o tipo de solo predominante no bioma (Goodland 1971). Há ainda carência de estudos sobre o cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico, doravante denominado Neossolo, tipo de solo que representa 15,2% da área do bioma (Reatto *et al.* 1998; 2005).

A vegetação do Cerrado cobre aproximadamente 33% do Estado do Piauí (Oliveira *et al.* 1997; Castro *et al.* 1998) e junto com os cerrados do Maranhão, ocupam cerca de 14% da região Nordeste (Castro *et al.* 2007). Alguns autores (Castro *et al.* 1998; Castro & Martins 1999) têm ressaltado a necessidade de estudos sobre a composição florística e estrutura da vegetação dos cerrados marginais do Nordeste, assim como estudos para a determinação de padrões biogeográficos relacionando a florística e estrutura da vegetação do Cerrado com as condicionantes ambientais (Silva *et al.* 2006), especialmente em comunidades encontradas sobre Neossolo Quartzarênico (Haridasan 2001; 2007; Lindoso & Felfili 2007).

Amostragens padronizadas de cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico foram realizadas no âmbito do Projeto Biogeografia do Bioma Cerrado em quatro áreas na Bahia e Minas Gerais, incluindo o Parque Nacional Grande Sertão Veredas (Mendonça *et al.* 2000; Felfili & Silva-Júnior 2001; 2005; Felfili *et al.* 2004), na interface entre a vegetação de Cerrado e Caatinga, e na região da Chapada dos Veadeiros, em Goiás, representando a região *core* do Cerrado, onde foram amostradas três áreas no município de Alto Paraíso, no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (Felfili *et al.* 1997; 2007) e em Cavalcante (C.D. Souza, dados não publicados). Outros estudos em cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico foram realizados em cerrados marginais, por Durigan *et al.* (2002) em Brotas e Teixeira *et al.* (2004), em Patrocínio Paulista, ambos no Estado de São Paulo, e M.E.A Oliveira (dados não publicados) no Parque Nacional de Sete Cidades, no Piauí.

Com esses estudos, já se torna possível determinar padrões biogeográficos para o cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico em nível de bioma. Esses cerrados apresentaram um gradiente decrescente de densidade do sul para o nordeste passando pelo Planalto Central, e as similaridades florísticas foram baixas, tanto na comparação das áreas da Chapada dos

Veadeiros e Chapada do Espigão Mestre do São Francisco com Brotas quanto com Patrocínio Paulista, ou seja, a diversidade beta foi elevada entre as áreas, de acordo com Lindoso & Felfili (2007).

De acordo com Castro & Martins (1999), com base em uma comparação florístico-geográfica, o bioma Cerrado, em termos de mesoescala, é composto por oito grupos, definidos devido à heterogeneidade espacial das espécies encontradas. Para os autores, a distribuição da flora no bioma Cerrado ocorre de forma “areal”, isto é, não existe homogeneidade florística entre os oito grupos de cerrado estabelecidos, e sim uma flora característica para cada um desses grupos. Castro & Martins (1999) discorrem ainda que, em geral, o padrão florístico do bioma Cerrado é lati-altitudinal, devido à amplitude dos cerrados no Brasil, que se distribuem ao longo de 20° (-4° a 24°), variando de 0 a 1.200 m. Dessa forma, os cerrados do Litoral e do Nordeste correspondem aos cerrados de baixa altitude, encontrados de 0 a 500 m.

A composição florística das diferentes localidades da Chapada do Espigão Mestre do São Francisco, analisadas por Felfili & Silva Júnior (2001), indicaram similaridade elevada em relação à composição de espécies, mas uma grande diferenciação na densidade das espécies entre diferentes localidades, mostrando que mesmo em um Sistema de Terra considerado fisiograficamente homogêneo, ocorre um mosaico vegetacional do cerrado s.s. Na Chapada dos Veadeiros, onde foram comparados três Sistemas de Terras, a composição florística teve maior diferenciação, e dentro de cada Sistema de Terra, a densidade das espécies foi, também, o fator mais importante para as diferentes localidades de cerrado, mostrando a heterogeneidade ambiental dos ambientes que se reflete nos mosaicos com densidades variáveis nas diferentes áreas (Felfili *et al.* 2007).

No Parque Nacional de Sete Cidades, o cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico ocorre em manchas circundadas por outras fisionomias, ou pela mesma fisionomia sobre outros tipos de solo. Com essa distribuição do cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico em manchas, espera-se encontrar elevada diversidade beta entre as parcelas dentro do Parque. O presente trabalho objetivou estudar a florística, estrutura e diversidade do cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico no Parque Nacional de Sete Cidades, Estado do Piauí.

Material e Métodos

Área de estudo

O Parque Nacional de Sete Cidades (PNSC), localizado no nordeste do Estado do

Piauí (04°05' e 04°15' S e 41°30' e 41°45' W, Fig. 1), representa o prolongamento setentrional do bioma Cerrado. Essa unidade de conservação, com uma área de 6.221 ha variando entre 100 a 300 m de altitude, foi criada em 1961 pelo Decreto Federal nº 50.744, com o objetivo de conservar a diversidade biológica de uma área de cerrado em contato com a caatinga e a floresta decidual (Ibama 2006). O Parque protege ainda monumentos geológicos de formações areníticas, que representam um importante sítio arqueológico (Della Fávera 1999; Ibama 2006), e é um dos sítios permanentes de pesquisas dos cerrados marginais do Nordeste no Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (MCT/CNPq/PELD; Castro *et al.* 2007).

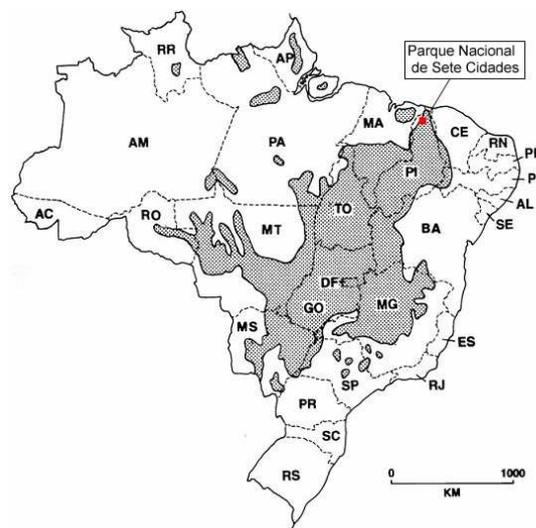


Figura 1. Localização do Parque Nacional de Sete Cidades no bioma Cerrado, Piauí (Fonte: Ratter *et al.* 1997, modificado).

O clima no PNSC é Tropical, tipo Aw segundo a classificação climática de Köppen. De acordo com as normais climatológicas disponíveis no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a temperatura média anual varia de 24°C a 34°C e a precipitação média anual é de 1.200 a 1.500 mm, com cerca de cinco meses mais chuvosos, e o período restante é estação seca.

O PNSC localiza-se nos municípios de Brasileira (Microrregião do Baixo Parnaíba Piauiense, com 7.669 habitantes; IBGE 2006 b) e Piracuruca (Microrregião do Litoral Piauiense, com 25.463 habitantes; IBGE 2006 b). As principais produções agrícolas desses municípios são: castanha-de-caju, coco, manga, arroz, feijão, mandioca e milho (IBGE 2006 b). Além dessas, Piracuruca produz soja e abacaxi, enquanto Brasileira produz banana. Os produtos de extração vegetal são pó de carnaúba, lenha e carvão vegetal (IBGE 2006 b).

Anteriormente à criação do Parque, a área era ocupada por roças, mas atualmente a situação fundiária da unidade de conservação encontra-se completamente regularizada (IBDF 1979), embora ainda haja a presença de animais domésticos no interior do Parque, como caprinos e suínos, observados durante os trabalhos de campo. Estes animais domésticos provavelmente são provenientes de assentamentos alocados próximos aos limites do Parque, através do Programa de Combate à Pobreza Rural (PCPR) da Secretaria de Planejamento do Estado do Piauí (SEPLAN – PI).

De acordo com o Ibama (2005), no período de 1992 a 2005, 79% das queimadas na região ocorreram no entorno do PNSC. A última queimada que ocorreu no interior da unidade de conservação foi em 1996, quando queimou 4.400 ha. Em 1994, praticamente todo o Parque foi queimado (5.500 ha). As queimadas que ocorrem no entorno são devidas às atividades de caça, limpeza de pasto, queima de roça e tráfego na BR 222 (Ibama 2005).

O relevo da área é típico de bacias sedimentares (Bacia Sedimentar do Parnaíba) com a presença de testemunhos areníticos isolados (Della Fávera 1999) e o solo predominante é o Neossolo Quartzarênico (IBDF 1979). O PNSC é formado por um mosaico de fisionomias dominado por formações savânicas (cerrado aberto latifoliado perenifólio e cerrado extremamente xeromórfico) que ocupam 48,1% da área, seguidos de formações florestais (floresta aberta latifoliada perenifólia, floresta tropical ombrófila aluvial e floresta tropical semidecídua) com 36% da área e formações campestres (campo graminóide cespitoso médio) que ocupam os demais 14,3% (Oliveira *et al.* 2007).

O Neossolo Quartzarênico é caracterizado por ser profundo, bem-drenado, arenoso (com mais de 90% de areia), ácido, possuir baixa fertilidade, pouca diferenciação em perfis, e alta saturação de alumínio (Furley & Ratter 1988). No Cerrado, a ocorrência de Neossolo Quartzarênico está relacionado a depósitos arenosos de cobertura, normalmente em relevo plano ou suave-ondulado, pois não permanece estável em relevo mais movimentado (Souza & Lobato 2005).

O cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico ocorre em manchas que correspondem a 37,6% da área do Parque (Oliveira *et al.* 2007), que se encontram intercaladas com manchas de outro tipo de vegetação ou até mesmo com essa fisionomia em solos mal drenados ou rochosos, formando o mosaico vegetacional do PNSC (Fig. 2).

Amostragem

Para a realização do levantamento fitossociológico, as manchas de cerrado sobre Neossolo Quartzarênico foram identificadas com auxílio de mapa de vegetação e solo do

Parque, imagem de satélite e levantamento exploratório em campo. Foram alocadas dez parcelas de 20 m x 50 m, delimitadas com auxílio de mapas e georreferenciadas (Fig. 2). Todas as plantas lenhosas com diâmetro igual ou maior a 5 cm, a 30 cm do solo, foram identificadas, coletadas caso houvesse dúvidas na identificação ou estivessem férteis, para identificação e depósito nos herbários UB e IBGE. Estas tiveram medidos as alturas e diâmetros conforme a metodologia que tem sido utilizada em diversos levantamentos de vegetação de cerrado no âmbito do Projeto Biogeografia do Bioma Cerrado (Felfili & Silva Junior 1993; 2001; 2005; Felfili *et al.* 1994; 1997; 2007; Felfili & Felfili 2001; Felfili & Rezende 2003). Foram coletadas uma amostra simples de solo em cada sub-parcela de 10 m x 20 m, a 15 cm de profundidade, totalizando cinco amostras simples para formar uma amostra composta em cada parcela.

A classificação das espécies e famílias foi realizada de acordo com o sistema de classificação APG II (2003).

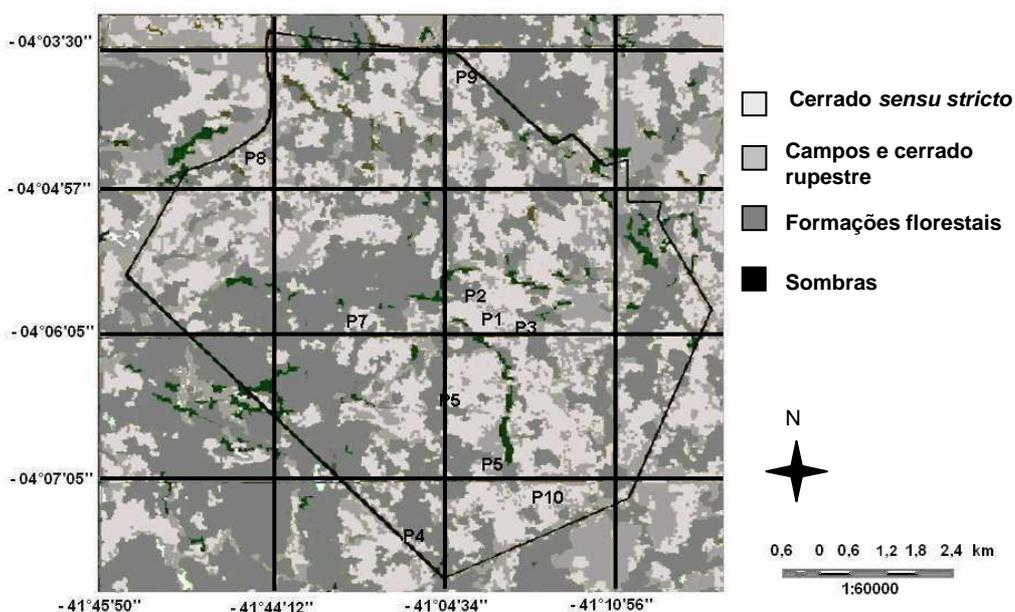


Figura 2. Mosaico vegetacional e localização das parcelas (P1 a P10) no Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí (Fonte: Oliveira *et al.* 2007, modificado).

Para o estudo da estrutura comunitária foram feitas análises de densidade, frequência e dominância absolutas e relativas e calculados o valor de importância para cada espécie, de acordo com Mueller-Dombois & Ellenberg (2002), e índices de diversidade de Shannon (H') e de equabilidade de Pielou (J), de acordo com Magurran (1988). Para o cálculo da densidade e área basal, todos os troncos mensurados foram considerados, e para os índices de

diversidade, os troncos bifurcados abaixo do ponto de medição do diâmetro foram considerados como apenas um indivíduo.

Realizou-se análise da distribuição dos diâmetros e alturas dos indivíduos amostrados em cada comunidade, sendo que as classes de altura tiveram intervalo de 1 m e as classes de diâmetro intervalo de 5 cm. Para o cálculo dos intervalos das classes, foi utilizada a fórmula de Spiegel (Felfili & Rezende 2003).

Considerando que a diversidade beta é o inverso da similaridade entre as áreas, ou seja, quanto mais dissimilares as áreas, maior a diversidade beta (Felfili *et al.* 2004), foi verificada a diversidade beta entre as parcelas através do cálculo dos índices de similaridade de Sørensen (qualitativo) e Czekanowski (quantitativo), e as parcelas foram comparadas e classificadas pelo método TWINSpan - *Two Way Indicator Species Analysis* (Hill 1979), com o uso da densidade nos níveis de corte de 0, 2, 5 e 10, através do programa PC-ORD (McCune & Mefford 1997).

Resultados e Discussão

Estrutura e composição florística

No cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico no PNSC foram mensurados 1.017 troncos, distribuídos em 45 espécies, 40 gêneros e 21 famílias botânicas (Tab. 1). De todas as espécies arbóreas encontradas no PNSC, 26 estão entre as 300 espécies consideradas como amplamente distribuídas no Cerrado por Ratter *et al.* (2003; 2005). Ou seja, o PNSC protege apenas 8,6% das espécies de ampla distribuição no bioma, valor inferior ao encontrado para outros parques nacionais sobre Neossolo Quartzarênico por Lindoso *et al.* (2007), uma vez que o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (PNCV) protege 18% (54 espécies) e o Parque Nacional Grande Sertão Veredas (PNGSV) protege 17,6% (53 espécies). Das espécies presentes no PNSC, 43,5% possuem distribuição mais restrita aos cerrados do Nordeste, não ocorrendo nesses outros parques nacionais. Dessa forma, a efetiva proteção de poucas espécies amplamente distribuídas no Cerrado pelo PNSC, além da presença de espécies exclusivas, corroboram com a necessidade de ampliação dessa unidade de conservação, já proposta pelo plano de manejo desse Parque (IBDF 1979). Por outro lado, a presença de espécies de ampla distribuição no bioma é um indicativo da afinidade florística que caracteriza a fisionomia, a despeito da localização geográfica do PNSC.

Tabela 1. Famílias, com respectivo IVI, e espécies lenhosas amostradas no levantamento fitossociológico em cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico no Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí. IVI: Índice de Valor de Importância; * espécies amplamente distribuídas no bioma Cerrado (Ratter *et al.* 2003, 2005).

Família	IVI	Espécie
Anacardiaceae	19,27	<i>Anacardium occidentale</i> L. * <i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão * <i>Tapirira guianensis</i> Aubl. *
Annonaceae	5,30	<i>Annona coriacea</i> Mart. * <i>Oxandra sessiliflora</i> R.E.Fr.
Apocynaceae	6,78	<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart. * <i>Aspidosperma discolor</i> A. DC. <i>Himatanthus drasticus</i> (Mart.) Plumel
Bignoniaceae	8,93	<i>Cybistax antisyphilitica</i> (Mart.) Mart. * <i>Jacaranda brasiliana</i> (Lam.) Pers. <i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore * <i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl. * <i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) G.Nicholson
Caryocaraceae	22,96	<i>Caryocar coriaceum</i> Wittm.
Combretaceae	23,64	<i>Buchenavia tetraphylla</i> (Aubl.) R.Howard <i>Terminalia fagifolia</i> Mart. *
Dilleniaceae	32,39	<i>Curatella americana</i> L. *
Fabaceae	78,15	<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovlev * <i>Andira cordata</i> Arroyo ex R.T.Penn. & H.C.Lima <i>Andira cuyabensis</i> Benth. * <i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth * <i>Copaifera coriacea</i> Mart. <i>Dimorphandra gardneriana</i> Tul. <i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne * <i>Parkia platycephala</i> Benth. <i>Plathymenia reticulata</i> Benth. * <i>Sclerolobium paniculatum</i> Vogel * <i>Stryphnodendron coriaceum</i> Benth. <i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke *
Flacourtiaceae	1,12	<i>Casearia grandiflora</i> Cambess.
Hippocrateaceae	5,35	<i>Salacia elliptica</i> (Mart. ex Schult.) G. Don
Lythraceae	3,90	<i>Lafoensia vandelliana</i> Cham. & Schltld.
Malpighiaceae	23,91	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth
Myrtaceae	6,04	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC. <i>Psidium myrsinites</i> Mart. Ex DC.
Ochnaceae	1,41	<i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Baill. *
Opiliaceae	1,29	<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook. f. *
Rubiaceae	1,12	<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltld.) K. Schum. subsp. <i>tomentosa</i> Gardner ex A.L.Prado*
Sapindaceae	8,15	<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil. *
Sapotaceae	9,64	<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk. *
Simaroubaceae	5,04	<i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil. *
Verbenaceae	5,02	<i>Vitex flavens</i> Kunth

Continua

Tabela 1. Continuação

Família	IVI	Espécie
Vochysiaceae	30,58	<i>Qualea grandiflora</i> Mart. *
		<i>Qualea parviflora</i> Mart. *
		<i>Salvertia convallariodora</i> A.St.-Hil. *

A riqueza no cerrado s.s. do PNSC (45 espécies) encontra-se abaixo da faixa comumente encontrada no cerrado s.s., entre 55 e 97 (Felfili & Silva Júnior 1993, 2001; Felfili *et al.* 2004). De acordo com Ratter *et al.* (2003, 2005), é muito raro encontrar mais de 100 espécies lenhosas em qualquer comunidade no cerrado. Castro *et al.* (1998), em levantamentos incluindo indivíduos com $DAP \geq 5$ cm, encontraram de 20 a 39 espécies em estudos realizados no Piauí, e com a inclusão de indivíduos com $DAS \geq 3$ cm, encontraram 89 espécies na Chapada Grande - PI. Segundo Ratter *et al.* (2003, 2005), a média de espécies arbóreas encontradas nesse Estado é 41, ou seja, apesar de menos rico do que os cerrados do Brasil Central amostrados com metodologia similar, o PNSC é rico em comparação com a média dos cerrados do Piauí, fator positivo para a manutenção e valorização desta unidade de conservação.

A abrangência florística pode ser observada na curva do coletor (Fig. 3), onde a partir da parcela cinco (50% da amostragem), já haviam sido encontradas 86,6% das espécies, poucas foram acrescentadas na amostragem.

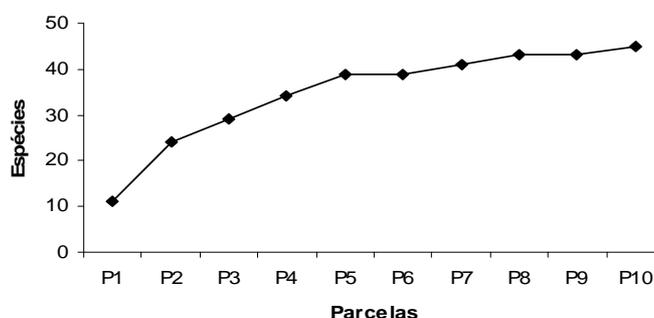


Figura 3. Curva do coletor referente ao levantamento fitossociológico de cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí.

A amostragem realizada foi considerada suficiente para os parâmetros de densidade e área basal, pois o erro padrão da amostra foi baixo para a densidade, representando 5,61% da média ($IC = \pm 11,18$), variável a ser usada para comparações de diversidade beta. Para a área basal, o erro padrão foi de 11,08% da média ($IC = \pm 0,66$). Outros estudos realizados em cerrado s.s., que utilizaram o mesmo método de amostragem, também obtiveram resultados

satisfatórios quanto à suficiência amostral (Felfili & Silva Junior 1993, 2001; Felfili *et al.* 1997, 2007).

O índice de diversidade de Shannon obtido para essa comunidade foi 3,07 nats.ind⁻¹ e a equabilidade foi 0,80. A diversidade alfa para o PNSC é alta, e encontra-se no intervalo de 3,0 a 3,73 nats.ind⁻¹ obtidos em amostras de um hectare compostas por parcelas disjuntas para 15 localidades estudadas com metodologia similar no cerrado s.s. nos estados de Goiás, Bahia, Minas Gerais e no Distrito Federal (Felfili & Silva Junior 1993, 2001, 2005; Felfili *et al.* 2004, 2007).

O máximo de indivíduos encontrados em uma parcela foi de 128 e o mínimo foi de 66, o que reflete a heterogeneidade estrutural no cerrado s.s. do Parque.

As famílias com maior riqueza de espécies foram Fabaceae, com 12 espécies e Bignoniaceae, com cinco espécies. Fabaceae e Bignoniaceae são dominantes das Florestas Estacionais Deciduais (Pennington *et al.* 2000), possuindo uma grande riqueza de espécies arbóreas nesse tipo de vegetação (Nascimento *et al.* 2004).

Bignoniaceae é considerada uma das famílias mais comuns no Cerrado (Ratter *et al.* 2005) e também possui elevada riqueza na Caatinga (vegetação caducifólia espinhosa), mas nesse tipo de vegetação, as espécies, em sua maioria, são lianas ou cipós (Lemos & Rodal 2002, Alcoforado-Filho *et al.* 2003), assim como nos carrascos ocorrentes sobre areia (Oliveira *et al.* 1997, Araújo *et al.* 1999). Nos cerrados de Campo Maior - PI, Bignoniaceae também foi uma das famílias com maior representatividade específica, mas a maioria das espécies também eram lianas ou cipós (Farias & Castro 2004).

O fato de Bignoniaceae ser uma família bem representada nos cerrados e outras formações vegetacionais do Nordeste, como exposto acima, pode explicar a riqueza dessa família no cerrado s.s. do PNSC.

Por outro lado, Vochysiaceae, que é uma família amplamente representada no Cerrado, no PNSC apresentou apenas três espécies. No PNCV, foi a segunda família com maior riqueza (nove espécies), além de possuir uma alta riqueza em Fabaceae (17 espécies) e Apocynaceae (seis espécies) (Felfili *et al.* 2007) e, no PNGSV, Vochysiaceae apresentou sete espécies, além de elevada representatividade de Fabaceae (15 espécies), Myrtaceae e Malpighiaceae (quatro espécies) (Felfili & Silva Júnior 2001).

Os índices de valor de importância (IVI) obtidos para as famílias amostradas no PNSC estão relacionados na Tab. 1.

Fabaceae foi a família com maior índice de valor de importância (IVI), pois obteve os maiores valores para todos os parâmetros e além disso, é a família com a maior

representatividade em número de espécies (12) (Tab. 1). A grande adaptabilidade dessa família é comumente citada em outros estudos, tanto em cerrado como em outras formações tropicais, provavelmente devido aos nódulos rizomatosos de algumas espécies que permitem a produção de nitrogênio em um solo comumente pobre em nutrientes (Goodland & Ferri 1979).

Bignoniaceae foi a segunda família com maior riqueza (cinco espécies), mas esse fato não reflete em seu IVI, que foi menor que 10,00, devido a baixa densidade relativa (1,35%) e baixa dominância relativa (0,65%).

As famílias com maior IVI, além de Fabaceae (78,15), foram Dilleniaceae (32,39), Vochysiaceae (30,58), Malpighiaceae (23,91), Combretaceae (23,64), Caryocaraceae (22,96) e Anacardiaceae (19,27), todas representadas por poucas espécies (de uma a três espécies) (Tab.1). Essas famílias encontram-se amplamente distribuídas pelo bioma, contribuindo com 83,95% da densidade relativa e 92,49% da área basal (dominância relativa) no PNSC. Houve um elevado percentual de famílias (61,9%) representadas por apenas uma espécie.

Na Tab. 2, encontram-se os parâmetros fitossociológicos obtidos para as espécies. A densidade de troncos ($1017 \text{ indiv. ha}^{-1}$) e área basal ($10,71 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$) encontradas estão no intervalo comumente observado para a vegetação lenhosa no cerrado s.s., entre 628 e 1396 indivíduos e $5,79$ e $11,30 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ (Felfili & Silva Junior 1993; Felfili *et al.* 2004).

As espécies que se destacaram pelo índice de valor de importância (IVI) na área foram: *Curatella americana* (IVI=26,57), *Vatairea macrocarpa* (IVI=23,36), *Plathymentia reticulata* (IVI=19,56), *Terminalia fagifolia* (IVI=19,24), *Byrsonima crassifolia* (IVI=19,08), *Caryocar coriaceum* (IVI=18,51), *Qualea parviflora* (VI=15,72), *Parkia platycephala* (VI=13,07) e *Anacardium occidentale* (IVI=11,20). Juntas, essas espécies representaram 55,43 % do valor de importância total.

Essas nove espécies detêm 61,65% do número total de indivíduos e 64,96% da área basal, enquanto oito espécies foram representadas por apenas um indivíduo. A concentração da densidade e área basal em poucas espécies na comunidade é um padrão comumente observado nos levantamentos realizados no cerrado s.s. (Felfili & Silva Junior 2001, 2005; Felfili *et al.* 2004, 2007).

Os indivíduos mortos obtiveram o segundo maior IVI (25,41), devido à maior dominância relativa (14,65%) e maior frequência, pois apareceram em todas as parcelas. A porcentagem de indivíduos mortos (5%) é comumente encontrada em outros levantamentos realizados no cerrado s.s. (Felfili & Silva Júnior 2001, Felfili *et al.* 2004), indicando que o cerrado s.s. estudado não tem sofrido muito distúrbios.

Tabela 2. Parâmetros fitossociológicos para a comunidade de espécies lenhosas do cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí. Abs.: absoluta; Rel.: relativa; IVI: índice de valor de importância.

Espécie	Densidade		Dominância		Frequência		IVI
	Abs. (ind.ha ⁻¹)	Rel. (%)	Abs. (m ² . ha ⁻¹)	Rel. (%)	Abs. (%)	Rel. (%)	
<i>Curatella americana</i>	109	10,72	1,206	11,255	80	4,60	26,57
Morta	51	5,01	1,570	14,649	100	5,75	25,41
<i>Vatairea macrocarpa</i>	93	9,14	0,908	8,472	100	5,75	23,36
<i>Plathymenia reticulata</i>	105	10,32	0,558	5,211	70	4,02	19,56
<i>Terminalia fagifolia</i>	79	7,77	0,860	8,023	60	3,45	19,24
<i>Byrsonima crassifolia</i>	83	8,16	0,677	6,317	80	4,60	19,08
<i>Caryocar coriaceum</i>	26	2,56	1,401	13,078	50	2,87	18,51
<i>Qualea parviflora</i>	60	5,90	0,498	4,652	90	5,17	15,72
<i>Parkia platycephala</i>	42	4,13	0,465	4,339	80	4,60	13,07
<i>Anacardium occidentale</i>	30	2,95	0,392	3,656	80	4,60	11,20
<i>Qualea grandiflora</i>	36	3,54	0,309	2,882	60	3,45	9,87
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	28	2,75	0,272	2,537	50	2,87	8,16
<i>Pouteria ramiflora</i>	41	4,03	0,131	1,225	40	2,30	7,56
<i>Dimorphandra gardneriana</i>	21	2,06	0,185	1,728	50	2,87	6,67
<i>Copaifera coriacea</i>	29	2,85	0,081	0,757	50	2,87	6,48
<i>Magonia pubescens</i>	28	2,75	0,118	1,105	40	2,30	6,16
<i>Stryphnodendron coriaceum</i>	14	1,38	0,120	1,116	50	2,87	5,37
<i>Psidium myrsinites</i>	13	1,28	0,056	0,524	40	2,30	4,10
<i>Salvertia convallariodora</i>	11	1,08	0,071	0,658	40	2,30	4,04
<i>Acosmium dasycarpum</i>	13	1,28	0,047	0,438	40	2,30	4,02
<i>Salacia elliptica</i>	15	1,47	0,076	0,707	30	1,72	3,91
<i>Tapirira guianensis</i>	15	1,47	0,159	1,480	10	0,57	3,53
<i>Simarouba versicolor</i>	6	0,59	0,042	0,394	40	2,30	3,28
<i>Vitex flavens</i>	7	0,69	0,031	0,286	40	2,30	3,27
<i>Tabebuia ochracea</i>	6	0,59	0,033	0,304	40	2,30	3,19
<i>Himatanthus drasticus</i>	4	0,39	0,058	0,545	30	1,72	2,66
<i>Bowdichia virgilioides</i>	6	0,59	0,036	0,333	30	1,72	2,65
<i>Lafoensia vandelliana</i>	5	0,49	0,038	0,355	30	1,72	2,57
<i>Andira cordata</i>	2	0,20	0,191	1,781	10	0,57	2,55
<i>Tabebuia aurea</i>	3	0,29	0,014	0,132	30	1,72	2,15
<i>Oxandra sessiliflora</i>	8	0,79	0,022	0,202	20	1,15	2,14
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	5	0,49	0,014	0,130	20	1,15	1,77
<i>Annona coriacea</i>	2	0,20	0,006	0,055	20	1,15	1,40
<i>Sclerolobium paniculatum</i>	2	0,20	0,005	0,042	20	1,15	1,39
<i>Ouratea hexasperma</i>	3	0,29	0,010	0,096	10	0,57	0,97
<i>Aspidosperma discolor</i>	3	0,29	0,008	0,071	10	0,57	0,94
<i>Aspidosperma subincanum</i>	3	0,29	0,007	0,063	10	0,57	0,93
<i>Agonandra brasiliensis</i>	1	0,10	0,018	0,165	10	0,57	0,84
<i>Cybistax antisyphilitica</i>	2	0,20	0,007	0,062	10	0,57	0,83
<i>Andira cuyabensis</i>	1	0,10	0,004	0,041	10	0,57	0,71
<i>Jacaranda brasiliiana</i>	1	0,10	0,004	0,036	10	0,57	0,71
<i>Tabebuia serratifolia</i>	1	0,10	0,002	0,021	10	0,57	0,69

Continua

Tabela 2. Continuação.

Espécie	Densidade		Dominância		Frequência		IVI
	Abs. (ind.ha ⁻¹)	Rel. (%)	Abs. (m ² . ha ⁻¹)	Rel. (%)	Abs. (%)	Rel. (%)	
<i>Tocoyena formosa</i>	1	0,10	0,002	0,021	10	0,57	0,69
<i>Casearia grandiflora</i>	1	0,10	0,002	0,020	10	0,57	0,69
<i>Buchenavia tetraphylla</i>	1	0,10	0,002	0,018	10	0,57	0,69
<i>Myrcia splendens</i>	1	0,10	0,002	0,018	10	0,57	0,69
Total geral	1017	100,00	10,716	100,000	1740	100,00	300,00

Comparando essa estrutura com outras áreas de cerrado s.s. no Planalto Central e Nordeste, *Curatella americana*, a espécie com maior IVI, geralmente é encontrada em áreas com baixa altitude (Felfili & Silva Júnior 1993), como o cerrado do PNSC, cujas parcelas foram alocadas entre 165 m e 237 m, embora também ocorra em outras localidades de maiores altitudes, como na Chapada dos Veadeiros, com altitude de 1200 m em Alto Paraíso (Felfili *et al.* 2007).

Qualea parviflora ocorre entre as principais espécies nos cerrados do PNCV, Vila Propício, Alto Paraíso, São Desidério, Serra da Mesa (Felfili *et al.* 2007), Correntina e PNGSV (Felfili & Silva Junior 2001); *Anacardium occidentale* ocorre entre as principais espécies apenas em Formosa do Rio Preto, embora também ocorra em Correntina, PNGSV e São Desidério (Felfili & Silva Junior 2001) e nas duas áreas em Campo Maior - PI (Farias & Castro 2004).

Qualea grandiflora ocorreu entre as principais espécies nos cerrados de Serra Negra, Serra da Mesa, Vila Propício, Alto Paraíso (Felfili *et al.* 2007), PNGSV e São Desidério (Felfili & Silva Junior 2001). *Terminalia fagifolia* ocorreu entre as principais espécies apenas no cerrado de Correntina, embora também tenha sido registrada nos cerrados de Formosa do Rio Preto, Alto Paraíso e Vila Propício. *Vochysia macrocarpa* e *Plathymenia reticulata* ocorreram nos cerrados de Correntina, São Desidério, Formosa do Rio Preto, PNGSV (Felfili & Silva Junior 2001), Serra da Mesa e Serra Negra (Felfili *et al.* 2007), mas não entre as espécies com maior IVI. Destas espécies, ocorreram nas duas áreas de Campo Maior-PI (Farias & Castro 2004) apenas *Curatella americana*, *Qualea parviflora* e *Anacardium occidentale*. Já *Byrsonima crassifolia* e *Parkia platicephala* ocorreram apenas no PNSC.

Vatairea macrocarpa mostrou ampla distribuição na comunidade. *Curatella americana* e *Plathymenia reticulata* obtiveram as maiores densidades, com 109 e 105 indivíduos amostrados, respectivamente.

Pouteria ramiflora apesar de obter uma densidade relativa maior que *Anacardium*

occidentale ou *Caryocar coriaceum* (4,03%; 2,95% e 2,56% respectivamente), seus indivíduos apresentaram uma distribuição mais agregada, refletindo em uma baixa frequência absoluta (40%) e com troncos com menor diâmetro, refletindo na sua baixa dominância (1,22%).

Caryocar coriaceum, apesar de possuir uma baixa densidade relativa (2,56%), é a espécie com maior dominância relativa (13,07%), que é refletido no valor do índice de importância obtido (IVI=18,51).

Byrsonima crassifolia, *Vitex flavens*, *Himatanthus drasticus*, *Lafoensia vandelliana* e *Stryphnodendron coriaceum* não costumam ocorrer nos levantamentos realizados no Planalto Central. Estas espécies, juntas com *Caryocar coriaceum*, *Parkia platycephala* e *Copaifera coriacea* são mais restritas aos cerrados do Nordeste.

Das espécies amostradas, 24 ocorreram com a presença de menos de dez indivíduos, correspondendo a 7,38% dos indivíduos amostrados, sendo que *Agonandra brasiliensis*, *Andira cuyabensis*, *Jacaranda brasiliana*, *Tabebuia serratifolia*, *Tocoyena formosa*, *Casearia grandiflora*, *Buchenavia tetraphylla* e *Myrcia splendens* ocorreram com a presença de apenas um indivíduo.

Comparando esse levantamento com os outros realizados em cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico (Tab. 3), observou-se que a riqueza no cerrado do PNSC está entre as menores riquezas encontradas em cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico, mas a densidade e área basal nessa área foram as maiores encontradas. Esse fato mostra que as poucas espécies representadas nesse cerrado conseguem aproveitar de forma eficiente os recursos disponíveis e que há uma menor competição inter-específica, devido a menor quantidade de espécies.

No levantamento realizado por M.E.A. Oliveira (dados não publicados) no PNSC foram utilizadas parcelas de 10 x 10 m, totalizando 0,27 ha, e com a inclusão de indivíduos com diâmetro maior ou igual a 3 cm ao nível do solo, justificando os valores superiores de densidade e riqueza, pois houve a inclusão de arbustos finos na amostragem. Dentre as dez espécies com maior IVI encontradas no cerrado s.s. por M.E.A. Oliveira, no presente estudo não foram amostrados *Combretum melifluum*, *Hymenaea courbaril* var. *longifolia* e *Lippia origanoides*. *Curatella americana*, que teve o maior IVI no presente estudo, não foi umas das dez espécies com maior IVI no estudo de M.E.A. Oliveira. Estas diferenças com certeza se devem ao tamanho da amostra (1 ha no presente estudo e 0,27 ha de cerrado s.s. no estudo de M.E.A. Oliveira) e ao critério de inclusão dos indivíduos (diâmetro maior ou igual a 5 cm a 30 cm do solo no presente estudo e diâmetro maior ou igual a 3 cm ao nível do solo no estudo

de M.E.A. Oliveira). Dentre as dez espécies com maior IVI, em ambos os estudos, são comuns: *Terminalia fagifolia*, *Plathymentia reticulata*, *Anacardium occidentale*, *Qualea grandiflora* e *Vatairea macrocarpa*.

Tabela 3. Resumo de informações quantitativas de estudos fitossociológicos realizados em cerrados *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico no Brasil. Diâm. mín: diâmetro mínimo; H': índice de Shannon; J: índice de equabilidade de Pielou; N: densidade (ind.ha⁻¹); AB: área basal (m².ha⁻¹); Fam.: quantidade de famílias; Spp: quantidade de espécies.

Local / Autor	Diâm. mín de inclusão	H'	J	N	AB	Fam.	Spp
PN de Sete Cidades – PI (Presente estudo)	5 cm a 0,30 m do solo	3,07	0,80	1017	10,71	21	45
PN de Sete Cidades – PI (M.E.A. Oliveira, dados não publicados)	3 cm ao nível do solo	3,55	0,83	2711	13,6	26	72
Formosa do Rio Preto, BA (Felfili & Silva Júnior 2001)	5 cm a 0,30 m do solo	3,73	0,88	628	7,65	29	68
Correntina, BA (Felfili & Silva Júnior 2001)	5 cm a 0,30 m do solo	3,56	0,85	686	6,19	28	66
São Desidério, BA (Felfili & Silva Júnior 2001)	5 cm a 0,30 m do solo	3,56	0,84	835	8,33	31	67
PN Grande Sertão Veredas, MG (Felfili & Silva Júnior 2001)	5 cm a 0,30 m do solo	3,44	0,81	825	6,19	27	67
Cavalcante, GO (C.D. Souza, dados não publicados)	5 cm a 0,30 m do solo	2,75	0,40	786	7,09	28	51
Alto Paraíso, GO (Felfili <i>et al.</i> 1997, 2007)	5 cm a 0,30 m do solo	3,43	0,76	944	8,05	38	88
PN Chapada dos Veadeiros, GO (Felfili <i>et al.</i> 1997, 2007)	5 cm a 0,30 m do solo	3,56	0,80	1110	8,92	33	81
Brotas, SP (Duringan <i>et al.</i> 2002)	5 cm a 0,5 m do solo	3,02	0,80	1150	7,2	27	44
Patrocínio Paulista, SP (Teixeira <i>et al.</i> 2004)	5,0 cm a 1,30 m solo	3,05	-	1703	-	30	53

M.E.A. Oliveira (dados não publicados) encontrou as espécies *Salvertia convallariodora* e *Bowdichia virgilioides* como espécies exclusivas do Cerradão, representadas por dois e três indivíduos, mas com dominâncias relativas elevadas (5,4 e 4,2%, respectivamente). No presente estudo, essas espécies foram encontradas no cerrado com 0,65% e 0,33% de dominância relativa, respectivamente.

Comparando o presente estudo com o levantamento realizado em outras áreas do Piauí sobre Latossolo (Farias & Castro 2004; Tab. 4), mas com o mesmo esforço amostral (1 ha), a riqueza e diversidade de Shannon foram semelhantes, embora a densidade e área basal desses levantamentos tenham sido bem maiores, devido ao critério de inclusão de indivíduos (diâmetro maior ou igual a 3 cm ao nível do solo). Ribeiro & Tabarelli (2002), analisaram um

gradiente entre três tipos de cerrado s.s. e cerradão no Piauí, onde foram encontrados 92, 53 e 65 espécies nos diferentes tipos de cerrados (denominados localmente de Carrasco, Chapada e Cerrado, respectivamente) e com densidade de 1.630, 1.600 e 2.640, com a inclusão de indivíduos com diâmetro maior ou igual a 3,5 cm.

Tabela 4. Resumo de informações quantitativas de estudos fitossociológicos realizados em cerrados *sensu stricto* sobre Latossolo no Estado do Piauí, com diâmetro de inclusão maior ou igual a 3 cm ao nível do solo. H': índice de Shannon; J: índice de equabilidade de Pielou; N: densidade (ind.ha⁻¹); AB: área basal (m²ha⁻¹); Fam.: quantidade de famílias; Spp: quantidade de espécies.

Local / Autor	H'	N	AB	Fam.	Spp
Alto do Comandante, Campo Maior – PI (Farias & Castro 2004)	3,2	2730	38,22	20	46
Baixão da Cobra, Campo Maior – PI (Farias & Castro 2004)	3,09	2799	38,58	23	44

Castro *et al.* (1998) encontraram de 20 a 39 espécies nos cerrados do Estado do Piauí, com 213 a 405 indivíduos, em amostragens de um hectare e inclusão de diâmetros a altura do peito igual ou maior a 5 cm. Em um levantamento realizado sobre Neossolo Quartzarênico, em Piracuruca, encontraram 22 espécies e 252 indivíduos. Em levantamentos florísticos apontados nesse mesmo estudo, foram encontradas entre 116 e 128 espécies. Os maiores valores encontrados (84 espécies, 76+8 amostráveis, e 2.163 indivíduos, 2.155+8 amostráveis) foram em um levantamento de 0,6 ha realizado em Tanque do Piauí, na Chapada Grande Meridional, com a inclusão de indivíduos com o diâmetro de 3 cm na base do tronco.

Nesse estudo, Castro *et al.* (1998) encontraram *Byrsonima crassifolia*, *Qualea grandiflora*, *Qualea parviflora* e *Stryphnodendron coriaceum* em todas as áreas. Apenas 22 das 307 espécies ocorreram em 50% ou mais das localidades, indicando uma grande heterogeneidade espacial da composição de espécies nos cerrados s.s. do Estado do Piauí.

Na distribuição de altura dos indivíduos da comunidade, foram obtidas 12 classes de altura (Fig. 4). Os indivíduos mais baixos possuíam 1,0 m (*Stryphnodendron coriaceum* e *Plathymenia reticulata*) e o mais alto 20 m (*Hymenaea stigonocarpa*). A maioria dos indivíduos se concentrou entre as classes de 2,0 m a 6,0 m (81,80%) e 10,45% possuiu altura maior que 7 m.

A presença de muitos indivíduos altos no cerrado de PNSC não é uma característica comumente encontrada nos cerrados do Planalto Central. No PNCV, os indivíduos com alturas superiores a 7 m correspondem a 7,14%. Na Chapada do Espigão Mestre do São

Francisco, as porcentagens variaram de 4,24% no PNGSV e 4,01% em Correntina. Analisando os valores das alturas obtidos por Farias & Castro (2004), em duas áreas em Campo Maior - PI foram encontrados aproximadamente 15% e 19% de indivíduos maiores que 7 m. As alturas encontradas nos cerrados do Piauí ultrapassam os padrões de altura descritos para o cerrado s.s. por diversos autores, com a altura das árvores variando de 5 m a 8 m (Goodland & Ferri 1979, Cole 1986, Ratter *et al.* 2005, 1997, Furley 1999, Ribeiro & Walter 1998). Esses dados de alturas encontrados no Piauí indicam um padrão estrutural dos cerrados do Nordeste, que possuem árvores mais altas do que os cerrados do Planalto Central.

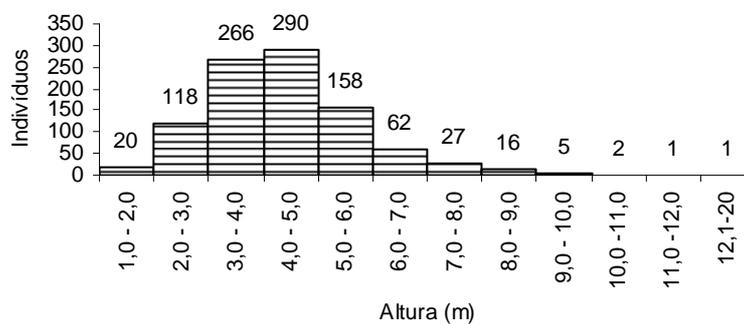


Figura 4. Distribuição em classes de altura dos indivíduos amostrados no cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí.

Farias & Castro (2004) compararam a altura média de dois levantamentos realizados no cerrado s.s. em Campo Maior - PI com trabalhos realizados em áreas de carrasco e caatinga, sendo que estas foram superiores à maioria dos trabalhos comparados, similares a duas áreas de carrasco e inferiores apenas a uma área de caatinga do cristalino.

Os diâmetros foram distribuídos em dez classes (Fig. 5). Houve uma concentração de 77% dos indivíduos na primeira classe, de 5,0 a 10,0 cm. O maior diâmetro encontrado (100 cm) foi um *Caryocar coriaceum*. Essa distribuição diamétrica, em padrão de J-invertido é comumente encontrada no cerrado s.s., pois a maioria dos indivíduos e espécies atinge um pequeno porte (Felfili & Silva-Junior 2001), em geral, inferior a 10 cm. A maioria dos indivíduos também ocorreu na mesma faixa de altura em relação ao cerrado s.s. do Brasil Central (Fig. 4), que se concentrou entre 2 m a 6 m.

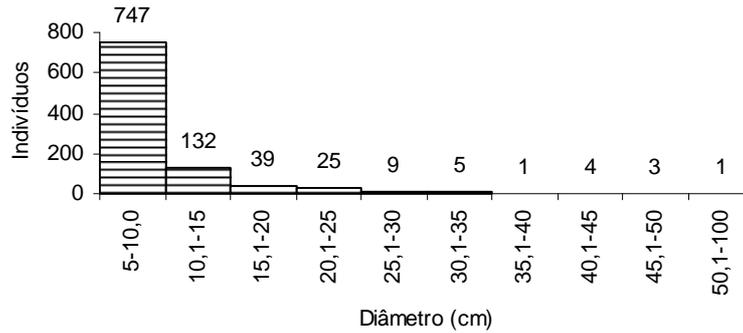


Figura 5. Distribuição em classes de diâmetro dos indivíduos amostrados no cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí.

Diversidade Beta

As divisões realizadas pelo TWINSpan (Fig. 6) foram fortes, com autovalores maiores que 0,3 (Kent & Coker 1992). Na primeira divisão, com cinco parcelas de cada lado, as espécies indicadoras foram *Qualea parviflora*, *Stryphnodendron coriaceum* e *Platymenia reticulata* para o grupo negativo (lado esquerdo da divisão) e *Curatella americana* para o grupo positivo (lado direito).

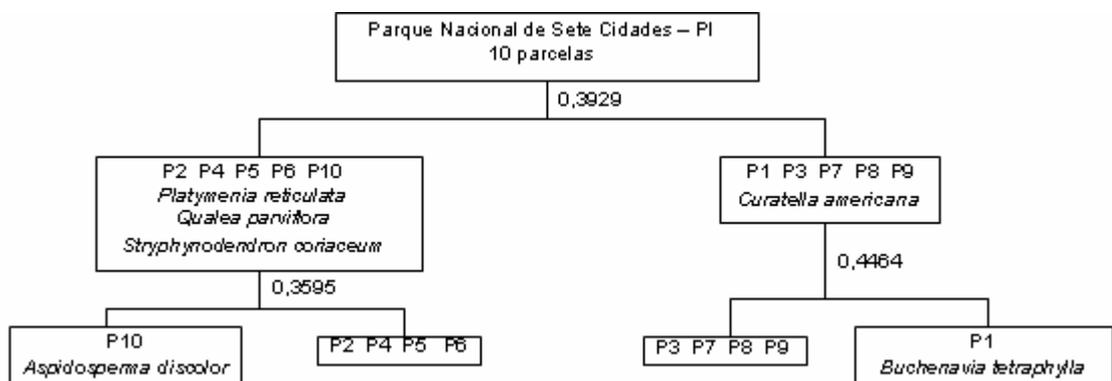


Figura 6. Classificação por TWINSpan das parcelas amostradas no cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico encontrado no Parque Nacional de Sete Cidades – PI.

Curatella americana ocorre em ambientes mal drenados (Marimon & Lima 2001) e pode caracterizar ambientes que são mais úmidos (Ratter *et al.* 2003), o que é evidenciado pela sua ocorrência em locais de baixa altitude (Felfili & Silva-Junior 1993), como nos Llanos venezuelanos (Mistry 2000).

Na segunda divisão do grupo negativo, com autovalor de 0,3595, as parcelas P2, P4, P5 e P6 foram separadas da P10, que ocorre mais ao sul da área do Parque. A espécie indicadora nessa divisão foi *Aspidosperma discolor*, que ocorreu apenas na P10 e é uma

espécie de ocorrência em matas de galeria (Mendonça *et al.* 1998, Felfili *et al.* 2001).

Na terceira divisão, com autovalor de 0,4464, foi separada a P1 das demais parcelas com a espécie *Buchenavia tetraphylla* como indicadora, que ocorreu apenas nessa parcela. Essa espécie, assim como *Curatella americana*, ocorre em ambientes mal drenados (Marimon & Lima 2001).

Andira cuyabensis, espécie indicadora da P3, junto com *Curatella americana*, é bastante comum em cerrados e murundus em Cocalinho-MT, encontrados em planícies inundáveis, entre 200 a 300 m de altitude (Marimon & Lima 2001).

Das espécies indicadoras obtidas na divisão pelo TWINSpan, *Acosmium dasycarpum*, *Anacardium occidentale*, *Andira cuyabensis*, *Curatella americana*, *Plathymenia reticulata*, *Qualea parviflora*, *Agonandra brasiliensis* são consideradas como amplamente distribuídas pelo bioma Cerrado (Ratter *et al.* 2003, 2005). *Andira cordata* ocorreu apenas em 18 áreas analisadas por Ratter *et al.* (2003) e *Buchenavia tetraphylla* não ocorreu em mais de duas localidades analisada por Ratter *et al.* (2003) e nas áreas analisadas por Castro *et al.* (1999), embora tenha ocorrido nas áreas de Campo Maior - PI (Farias & Castro 2004). *Stryphnodendron coriaceum* ocorreu em todas as áreas do Piauí analisadas por Castro *et al.* (1998).

Essas divisões evidenciaram espécies que ocorrem preferencialmente em ambientes mal drenados, como as matas, e também em solos com maior fertilidade. Outras espécies que também ocorrem nesses ambientes, mas não foram espécies indicadoras nas divisões obtidas pelo método TWINSpan, foram *Myracrodruon urundeuva*, típica das florestas estacionais do Brasil Central (Scariot & Sevilha 2005) e da Caatinga (Araújo *et al.* 1998), *Tapirira guianensis*, que ocorre predominantemente em matas de galeria, e *Aspidosperma subincanum* e *Magonia pubescens* que são consideradas espécies calcícolas, ou encontradas preferencialmente em solos mesotróficos (Castro *et al.* 1998, Ratter *et al.* 2005).

Muitas espécies encontradas não são exclusivas do bioma Cerrado, de acordo com Castro *et al.* (1998), como *Anacardium occidentale*, *Myracrodruon urundeuva*, *Tapirira guianensis*, *Terminalia fagifolia*, *Pouteria ramiflora*, *Parkia platycephala* (que também são encontradas em matas de terra firme na Amazônia), *Annona coriacea*, *Jacaranda brasiliana*, *Tabebuia ochracea*, *Tabebuia serratifolia*, *Tabebuia aurea*, *Dimorphandra gardneriana*, *Curatella americana*, *Bowdichia virgilioides* e *Byrsonima crassifolia*, que também ocorrem no bioma Caatinga. Já as espécies *Cybistax antispyhilitica*, *Bowdichia virgilioides*, *Casearia grandiflora*, *Tapirira guianensis*, *Tabebuia ochracea*, *Tabebuia serratifolia*, *Salacia elliptica* e *Ouratea hexasperma* também ocorrem na floresta atlântica (Lombardi & Gonçalves 2000).

Para Ratter *et al.* (2000), *Hirtella ciliata* possui distribuição restrita na região Norte e *Andira cordata*, *Dimorphandra gardneriana* e *Parkia platycephala* na região Nordeste.

A ordenação por DCA corroborou fortemente com as divisões do TWINSpan, evidenciando os agrupamentos mostrados no diagrama (Fig. 6). A coerência nos resultados indica que há uma grande heterogeneidade ambiental no PNSC, ou seja, uma elevada diversidade beta. Dessa forma, as manchas de cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico no PNSC são complementares, cada uma contribuindo para a diversidade total.

Observando os valores dos índices de similaridade florística (Tab. 5), constatou-se também que a diversidade beta entre as parcelas é alta, especialmente no que se refere à estrutura da comunidade, pois o valor do índice de Czekanowski, que considera a densidade das espécies, entre a maioria das parcelas, é inferior a 50, indicando baixa similaridade florística e estrutural, como definido por Kent & Coker (1992). Analisando apenas os aspectos florísticos (índice de Sørensen), verifica-se que há maior similaridade entre as parcelas (valor maior que 0,5). O grande número de espécies em comum entre as parcelas indica a afinidade florística entre as parcelas de cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico no PNSC, mas o tamanho das populações de cada espécie variou em cada parcela. A alta diversidade beta é uma característica marcante do cerrado s.s., na comparação entre amostragens em localidades distintas, sendo que a densidade de espécies é um dos fatores mais importantes que diferenciam as áreas no Cerrado, caracterizando como uma distribuição em mosaicos (Ratter & Dargie 1992; Castro *et al.* 1998; Felfili & Felfili 2000; Ratter *et al.* 2003, 2005; Felfili *et al.* 2004, 2007; Felfili & Silva Júnior 1993, 2001, 2005).

No PNSC, as formações savânicas compõem a matriz da vegetação, sendo o cerrado s.s., a vegetação predominante (Oliveira *et al.* 2007). A similaridade pode ser baixa mesmo entre parcelas em uma mesma mancha, ou alta em parcelas que se encontrem em manchas diferentes, sugerindo uma matriz permeável, onde as distintas fisionomias que circundam o cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico provavelmente não constituem barreiras para a dispersão das espécies entre os fragmentos, em função da proximidade das manchas e também da presença de espécies comuns (Fig. 2). Um estudo analisando a permeabilidade da matriz ao fluxo gênico para a manutenção da diversidade genética das espécies poderá contribuir para elucidar esse padrão encontrado. Das parcelas amostradas, P4 e P7 encontraram-se praticamente isoladas por manchas de formações florestais (Fig. 2). Apesar de seu isolamento, a P4 apresentou uma alta similaridade com a P5, e a P7 apresentou alta similaridade com P1 e P9, indicando que o isolamento desse fragmento de cerrado não exerce uma grande influência na composição e densidade das espécies encontradas (20 espécies e 91 indivíduos na P4, 17

espécies e 91 indivíduos na P7). Parcelas ocorrentes na mesma mancha e localizadas relativamente próximas, como P1, P2 e P3, possuíram baixa similaridade entre elas e foram separadas na primeira e segunda divisão obtidas pelo método TWINSpan. Essas similaridades encontradas refletem a heterogeneidade do ambiente no PNSC, visto que o isolamento por manchas florestais deve exercer menor influência na composição e densidade das espécies do que outras variações ambientais.

Tabela 5. Similaridade da vegetação lenhosa entre as parcelas em cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
P1	-	<i>33,16</i>	<i>27,17</i>	<i>27,62</i>	<i>28,01</i>	<i>30,85</i>	50,82	<i>33,17</i>	<i>36,36</i>	<i>13,00</i>
P2	0,54	-	<i>15,22</i>	<i>41,23</i>	<i>50,90</i>	<i>23,40</i>	<i>27,83</i>	<i>19,64</i>	<i>22,75</i>	<i>27,23</i>
P3	0,43	0,35	-	<i>11,89</i>	<i>17,06</i>	<i>32,40</i>	<i>47,83</i>	<i>44,65</i>	<i>45,57</i>	<i>16,66</i>
P4	0,38	0,57	0,43	-	66,34	<i>47,72</i>	<i>21,97</i>	<i>14,15</i>	<i>27,09</i>	<i>42,78</i>
P5	0,48	0,54	0,47	0,66	-	<i>41,58</i>	<i>28,84</i>	<i>22,68</i>	<i>34,35</i>	<i>44,93</i>
P6	0,47	0,56	0,54	0,40	0,37	-	<i>42,04</i>	<i>17,47</i>	<i>48,32</i>	<i>46,15</i>
P7	0,57	0,51	0,48	0,43	0,66	0,37	-	<i>45,28</i>	55,48	<i>31,84</i>
P8	0,37	0,47	0,35	0,22	0,47	0,38	0,54	-	<i>43,24</i>	<i>9,5</i>
P9	0,38	0,54	0,59	0,40	0,54	0,56	0,56	0,58	-	<i>31,04</i>
P10	0,40	0,62	0,39	0,67	0,59	0,41	0,50	0,34	0,59	-

Em itálico: índice de Czekanowski (valores variam de 0 a 100); não-itálico: índice de Sørensen (valores variam de 0 a 1); negrito: parcelas com maiores valores dos índices de similaridade.

A diversidade beta entre as parcelas, como demonstrada pelos índices de similaridade, classificação e ordenação, foi alta. Isto ocorreu mesmo em parcelas próximas, o que demonstra uma elevada heterogeneidade ambiental no PNSC, provavelmente determinada por condições do substrato, como pequenas variações na umidade e fertilidade ocorrentes nas manchas de cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico, como indicado pela presença de *Curatella americana* e espécies ocorrentes em matas como espécies indicadoras nas divisões realizadas pelo método TWINSpan. Essas questões podem ser elucidadas com estudos sobre as características químicas e físicas dos solos, assim como a profundidade do lençol freático.

Conclusões

Quase a metade das espécies encontradas no PNSC apresenta distribuição ampla no bioma Cerrado, como espécies dos gêneros *Qualea* e *Tabebuia*. O caráter marginal do cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico do PNSC é evidenciado pela presença de espécies típicas dos cerrados do Nordeste e com ocorrência restrita a essa região, como *Byrsonima crassifolia*, *Stryphnodendron coriaceum*, *Parkia platycephala*, *Caryocar coriaceum*, *Copaifera coriacea*, *Lafoensia vandelliana* e *Vitex flavens*.

A densidade, área basal, riqueza e diversidade alfa estão dentro dos limites encontrados para cerrado s.s. no bioma em geral, indicando a semelhança do cerrado marginal com a vegetação ao longo do bioma. A maioria dos indivíduos amostrados encontrou-se na faixa entre 5,0 cm a 10 cm de diâmetro e entre 2 m a 6 m de altura, confirmando a semelhança estrutural com essa fisionomia no Brasil Central. Porém, os limites superiores de altura dos indivíduos indicam um padrão estrutural diferenciado para a estrutura vertical dos cerrados do Nordeste, que possuem árvores mais altas do que os cerrados do Brasil Central.

A diversidade beta encontrada entre as parcelas alocadas no cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico do PNSC foi elevada, e dessa forma, as manchas de cerrado s.s. no Parque são complementares, cada uma contribuindo para a diversidade total.

Considerando a representatividade do PNSC na proteção de espécies restritas aos cerrados do Nordeste e sua elevada diversidade beta, faz-se necessário a ampliação desse parque.

Para elucidar os padrões de diversidade e estrutura do cerrado s.s. do PNSC, sugerem-se estudos que relacionem variáveis florísticas e ambientais, como características químicas e físicas do solo, assim como a investigação do fluxo gênico entre manchas intercaladas por diferentes fisionomias.

Agradecimentos

À equipe do BIOTEN, do Laboratório de Manejo Florestal do Departamento de Engenharia Florestal da UnB e ao IBAMA, que apoiaram o desenvolvimento da pesquisa no Parque Nacional de Sete Cidades, ao CNPq-PELD e Programa de Pós Graduação em Ecologia pelo financiamento, e ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado, a Newton Rodrigues de Oliveira, Benedito Alísio Pereira da Silva e Carolyn Elionore Proença pelo precioso auxílio na identificação do material vegetativo.

Referências bibliográficas

- Alcoforado-Filho, F.G.; Sampaio, E.V.S.B.; Rodal, M.J.N. 2003. Florística e fitossociologia de um remanescente de vegetação caducifólia espinhosa arbórea em Caruaru, Pernambuco. **Acta Botanica Brasilica** 17(2): 287-303.
- APG II.2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. **Botanical Journal of the Linnean Society** 141: 399-436.
- Araújo, F.S., Martins, F.R., Shepherd, G.J. 1999. Variações estruturais e florísticas do carrasco no Planalto da Ibiapaba, Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Biologia** 59(4): 663-678.
- Araújo, F.S.; Sampaio, E.V.S.B.; Figueiredo, M.A.; Rodal, M.J.N.; Fernandes, A.G. 1998. Composição florística da vegetação de carrasco, Novo Oriente, CE. **Revista Brasileira de Botânica** 21(2): 105-116.
- Castro, A.A.J.F. & Martins, F.R. 1999. Cerrados do Brasil e do Nordeste: caracterização, área de ocupação e considerações sobre a sua fitodiversidade. **Pesquisa Foco** 7(9): 147-178.
- Castro, A.A.J.F.; Castro N.M.C.F.; Costa, J.M.; Farias, R.R.S.; Mendes, M.R.A.; Albino, R.S.; Barros, J.S.; Oliveira, M.E.A. 2007. Cerrados marginais do Nordeste e ecótonos associados. **Revista Brasileira de Biociências** 5(1): 273-275.
- Castro, A.A.J.F.; Martins, F.R.; Fernandes, A.G. 1998. The woody flora of cerrado vegetation in the State of Piauí, Northeastern Brazil. **Edinburgh Journal of Botany** 55(3): 455-472.
- Cole, M.M. 1986. **The Savannas: Biogeography and Geobotany**. London, Academic Press.
- Della Fávera, J.C. 1999. Sete Cidades National Park, Piauí state, Brazil. *In*: Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Queiroz, E.T.; Winge, M.; Berbert-Born, M. (orgs.) Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. www.unb.br/ig/sigep/sitio025/sitio025.htm. Brasília, UnB
- Durigan, G.; Nishikawa, D.L.L; Rocha, E.; Silveira, E.R.; Pulitano, F.M.; Regalado, L.B.; Carvalhaes, M.A.; Paranaguá, P.A; Ranieri, V.E.L. 2002. Caracterização de dois estratos da vegetação de uma área de cerrado no município de Brotas, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 16(3): 252-262.
- Farias, R.R.S. & Castro, A.A.J.F. 2004. Fitossociologia de trechos da vegetação do Complexo de Campo Maior, Campo Maior, PI, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 18(4): 949-963.
- Felfili, J.M. & Silva Júnior, M.C. 1993. A comparative study of cerrado (*sensu stricto*) vegetation in Central Brazil. **Journal of Tropical Biology** 9: 277-289.

- Felfili, J.M. & Silva Júnior, M.C. 2001. **Biogeografia do Bioma Cerrado: estudo fitofisionômico na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco**. Brasília, UnB/FT/Departamento de Engenharia Florestal. 144p.
- Felfili, J.M. & Silva Júnior, M.C. 2005. Diversidade alfa e beta no cerrado *sensu stricto*, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais e Bahia. Pp: 143-154. *In*: Scariot, A.; Sousa-Silva, J.C.; Felfili, J.M (orgs.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente.
- Felfili, J.M., Filgueiras, T.S., Haridasan, M., Silva Júnior, M.C., Mendonça, R. & Rezende, A.V. 1994. Projeto Biogeografia do Bioma Cerrado: vegetação e solos. **Cadernos de Geociências do IBGE 12**: 75-166.
- Felfili, J.M.; Mendonça, R.C.; Walter, B.M.T.; Silva Júnior, M.C.; Nóbrega, M.G.G.; Fagg, C.W.; Sevilha, A.C.; Silva, M.A. 2001. Flora fanerogâmica das Matas de Galeria e Ciliares do Brasil Central. Pp: 195-263. *In*: Ribeiro, J.F.; Fonseca, C.E.L.; Souza-Silva, J.C. (orgs.). **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. Planaltina, Embrapa Cerrados.
- Felfili, J.M. & Rezende R.P. 2003. **Conceitos e Métodos em Fitosociologia**. Brasília, UnB/FT/Departamento de Engenharia Florestal.
- Felfili, J.M.; Silva Júnior, M.C.; Rezende; Nogueira, P.E.; Walter, B.M.T.W.; Silva, M.A.; Encinas, J.I. 1997. Comparação florística e fitossociológica do cerrado nas Chapadas Pratinha e dos Veadeiros. *In*: Leite, L & Saito, C. (orgs.). **Contribuição ao conhecimento ecológico do Cerrado**. Brasília, UnB.
- Felfili, J.M.; Silva Júnior, M.C.; Sevilha, A.C.; Fagg, C.W.; Walter, B.M.T.W.; Nogueira, P.E; Rezende, A.V. 2004. Diversity, floristic and structural patterns of cerrado vegetation in Central Brazil. **Plant Ecology 175**: 37-46.
- Felfili, J.M; Rezende, A.V.; Silva Júnior, M.C. 2007. **Biogeografia do Bioma Cerrado: vegetação e solos da Chapada dos Veadeiros**. Brasília, Editora Universidade de Brasília/Finatec. 256p.
- Felfili, M.C & Felfili, J.M. 2001. Diversidade alfa e beta no cerrado *sensu stricto* da Chapada Pratinha, Brasil. **Acta Botanica Brasilica 15(2)**: 243-254.
- Furley, P.A. 1999. The nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. **Global Ecology & Biogeography 8**: 223-241.
- Furley, P.A & Ratter, J.A. 1988. Soil resources and plant communities of the central Brazilian cerrado and their development. **Journal of Biogeography 15(1)**: 97-108.

- Goodland, R. & Ferri, M.G. 1979. **Ecologia do Cerrado**. São Paulo, Ed. Itatiaia/Ed. da Universidade de São Paulo. 193 p.
- Goodland, R. 1971. A physiognomic analysis of the “cerrado” vegetation of Central Brasil. **The Journal of Ecology** 59(2): 411-419.
- Haridasan, M. 2001. Solos. Pp. 12-17. *In*: Felfili, J.M. & Silva Júnior, M.C (orgs.). **Biogeografia do Bioma Cerrado: estudo fitofisionômico na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco**. Brasília, UnB/FT/Departamento de Engenharia Florestal.
- Haridasan, M. 2007. Solos. Pp: 27-43. *In*: Felfili, J.M; Rezende, A.V.; Silva Júnior, M.C (orgs). 2007. **Biogeografia do Bioma Cerrado: vegetação e solos da Chapada dos Veadeiros**. Brasília, Editora Universidade de Brasília/Finatec.
- Hill, M.O. 1979. **TWINSPAN – a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordeneted two-way table by classification of the individuals and attributes**. Ithaca, Cornell University. 90p.
- Ibama – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2006. Informações sobre o Parque Nacional de Sete Cidades. www.ibama.gov.br.
- Ibama – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2005. **Plano operativo de prevenção e combate aos incêndios do Parque Nacional de Sete Cidades – PI**. Piracuruca, MMA / Ibama/ PrevFogo. 16 p.
- IBDF - Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. 1979. **Plano de Manejo: Parque Nacional de Sete Cidades**. Brasília, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - M.A/Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza (FBCN). 61 p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2006b. Produção agrícola municipal / Produtos de extração vegetal e silvicultural. www.ibge.gov.br.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2006a. Mapa de Clima. www.ibge.gov.br.
- Kent, M.; Coker, P. 1992. **Vegetation description and analysis: a practical approach**. London, CRC Press & Belhaven Press. 354 p.
- Lemos. J.R., Rodal, M.J.N. 2002. Fitossociologia do componente lenhoso de um trecho da vegetação de caatinga no Parque Nacional Serra da Capivara, Piauí, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 16(1): 23-42.
- Lindoso, G.S & Felfili, J.M. 2007. Características florísticas e estruturais de Cerrado *sensu stricto* em Neossolo Quartzarênico. **Revista Brasileira de Biociências** 5(2):102-104.
- Lindoso, G.S., Felfili, J.M., Castro, A.A.J.F. 2007. Diversidade alfa e beta de cerrados sobre Neossolos Quartzarênicos em três parques nacionais brasileiros. *In*: **Anais Trabalhos**

- Técnicos V Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação.** Foz do Iguaçu, Fundação O Boticário de Proteção à Natureza.
- Lombardi, J.A. & Gonçalves, M. 2000. Composição florística de dois remanescentes de Mata Atlântica do sudeste de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** **23**(3): 255-282.
- Magurran, A.E. 1988. **Ecological diversity and its measurement.** London, Croom Helm. 256 p.
- Marimon, B.S. & Lima, E.S. 2001. Caracterização fitofisionômica e levantamento florístico preliminar no Pantanal dos Rios Mortes-Araguaia, Cocalinho, Mato Grosso, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **15**(2): 213-229.
- McCune B. & Mefford, M.J. 1997. **PC-ORD version 3.17: Multivariate analysis of ecological.** Oregon, MjM Software.
- Mendonça, R.C., Felfili, J.M. Walter, B.M.T., Silva Júnior, M.C., Rezende, A.V., Filgueiras, T.S., Ernani, P.N. 1998. Flora vascular do Cerrado. Pp: 289-556. *In*: Sano, S.M., Almeida, S.P.(orgs.). **Cerrado: Ambiente e Flora.** Planaltina, Embrapa Cerrados.
- Mendonça, R.C.; Felfili, J.M.; Fagg, C.W.; Silva, M.A.; Filgueiras, T.S.; Walter, B.M.T. 2000. Florística da região do Espigão Mestre do São Francisco, Bahia e Minas Gerais. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer** **6**: 38-94.
- Mistry, J. 2000. **World Savannas: ecology and human use.** Edinburgh, Prentice Hall. 344p.
- Mueller-Dombois, D. & ElleMBERG, H. 2002. **Aims and methods of vegetation ecology.** New York, Blackburn Press. 547p.
- Nascimento, A.R.T., Felfili, J.M. Meirelles, E.M. 2004 Florística e estrutura da comunidade arbórea de um remanescente de Floresta Estacional Decidual de encosta, Monte Alegre, GO, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **18**(3): 659-669.
- Oliveira, M.E.A.; Martins, F.R.; Castro, A.A.J.F.; Santos, J.R. 2007. Classes de cobertura vegetal do Parque Nacional de Sete Cidades (transição campo-floresta) utilizando imagens TM/Landsat, NE do Brasil. Pp: 1775-1783. *In*: **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.** Florianópolis, INPE.
- Oliveira, M.E.A.; Sampaio, E.V.S.B.; Castro, A.A.J.F.; Rodal, M.J.N. 1997. Flora e fitossociologia de uma área de transição carrasco-caatinga de areia em Padre Marcos, Piauí. **Naturalia** **22**: 131-150.
- Pennington R.T., Prado, D.E., Pendry, C.A. 2000. Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. **Journal of Biogeography** **27**: 261–273

- Ratter, J.A. & Dargie, T.C.D. 1992. An analysis of the floristic composition of 26 cerrado areas in Brazil. **Edinburgh Journal of Botany** 49(2): 235-250.
- Ratter, J.A., Bridgewater, S., Ribeiro, J.F. 2003. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: Comparison of the wood vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany** 60: 57-109.
- Ratter, J.A., Bridgewater, S., Ribeiro, J.F. 2005. Biodiversity patterns of the woody vegetation of the Brazilian Cerrados. Pp.31-58. *In*: Pennington, R.T., Lewis, G.P., Ratter J.A. **Neotropical Savannas and dry forests: Diversity, Biogeography and Conservation**.
- Ratter, J.A., Ribeiro, J.F., Bridgewater, S. 1997. The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany** 80: 223-230.
- Ratter, J.A.; Bridgewater, S.; Ribeiro, J.F.; Dias, T.A.B.; Silva, M.R. 2000. Distribuição das espécies lenhosas da fitofisionomia Cerrado sentido restrito nos estados compreendidos pelo bioma Cerrado. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer** 5: 5-43.
- Reatto, A.; Correia, J.R. & Spera, S.T. 1998. Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos. Pp. 47-86. *In*: Sano, S.M. & S.P. Almeida (orgs.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, Embrapa Cerrados.
- Reatto, A.; Martins, E.S. 2005. Classes de solo em relação aos controles da paisagem do bioma Cerrado. Pp.49-59. *In*: Scariot, A.; Souza-Silva, J.C.; Felfili, J.M. (orgs.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente.
- Ribeiro, J.F.; Walter, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do Bioma cerrado. Pp. 89-166. *In*: Sano, S.M. & S.P. Almeida (orgs.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, Embrapa Cerrados.
- Ribeiro, L. F. & Tabarelli, M. 2002. A structural gradient in cerrado vegetation of Brazil: changes in woody plant density, species richness, life history and plant composition. **Journal of Tropical Ecology** 18: 775-794.
- Scariot, A. & Sevilha, A.C. 2005. Biodiversidade, estrutura e conservação de florestas estacionais decíduais no Cerrado. Pp: 123 – 139. *In*: Scariot, A.; Sousa-Silva, J.C.; Felfili, J.M (orgs.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente.
- Silva, J.F.; Fariñas, M.R.; Felfili, J.M.; Klink, C.A. 2006. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. **Journal of Biogeography** 33: 536-548.
- Souza, D.M.G. & Lobato, E. 2005. Areia Quartzosa / Neossolo Quartzarênico. www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AGO01_2_10112005101955.html.
- Teixeira, M.I.J.; Araujo, A.R.B.; Valeri, S.V; Rodrigues, R.R. 2004. Florística e

fitossociologia de área de cerrado s.s no município de Patrocínio Paulista, nordeste do Estado de São Paulo. **Bragantia** 63(1): 1-11.

Variações ambientais e relações florísticas no cerrado *sensu stricto* sobre areia (Neossolo Quartzarênico) do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí¹

Resumo

(Variações ambientais e relações florísticas no cerrado *sensu stricto* sobre areia (Neossolo Quartzarênico) do Parque Nacional de Sete Cidades – Piauí). O bioma Cerrado apresenta paisagens heterogêneas, caracterizando-se por apresentar uma elevada diversidade beta. O cerrado sobre Neossolo Quartzarênico no Parque Nacional de Sete Cidades - PI (PNSC) ocorre em manchas. O presente estudo teve como objetivo relacionar as variações florísticas e estruturais do cerrado sobre solos arenosos no PNSC, com as variações locais do meio físico, como características químicas e físicas do solo e a altitude. Em dez parcelas de 20 m x 50 m, foram mensurados os indivíduos a partir de 5 cm de diâmetro e coletadas amostras compostas de solo. Foram amostrados 1.017 indiv.ha⁻¹, 45 espécies e 21 famílias. Os teores de nutrientes e os valores de pH caracterizam os solos como ácidos, distróficos e de textura franco-arenosa à arenosa. A altitude variou de 170 a 237 m. Na Análise de Correspondência Canônica (CCA), foram utilizadas 28 espécies com densidade maior que 5 indiv.ha⁻¹ na amostragem. As variáveis ambientais que tiveram maior influência na vegetação foram: altitude e teores de Mg²⁺, Fe²⁺, Na⁺, H + Al, argila e areia fina. A CCA mostrou a variação da vegetação relacionada à variação de fertilidade, acidez do solo, textura e altitude, separando espécies que também ocorrem em formações florestais de espécies presentes exclusivamente nas formações savânicas do Cerrado. Os solos de algumas parcelas possuem caráter solódico, devido à alta quantidade de sódio, relacionados com parcelas relativamente mais altas.

Palavras chave: Solos, diversidade, cerrado marginal, Nordeste, savana.

¹ Artigo a ser submetido para a Revista Brasileira de Botânica.

Introdução

O cerrado *sensu stricto* (s.s.) é a vegetação que predomina no bioma Cerrado, cobrindo em torno de 70% de sua extensão (Eiten 1972). Os fatores ambientais que mais influenciam as fisionomias e a florística encontradas no cerrado s.s. são a variação edáfica e topográfica (proximidade do lençol freático), altitude e regime de fogo (Furley & Ratter 1988, Oliveira-Filho *et al.* 1989, Felfili & Silva Júnior 1993, Ribeiro & Walter 1998). Vários autores já relacionaram a presença de diferentes estruturas fitofisionômicas e especificidades na composição florística dessas fisionomias, com variações na disponibilidade de nutrientes, matéria orgânica e textura dos solos (Goodland & Pollard 1973, Oliveira-Filho *et al.* 1989, Haridasan 1992, Ruggiero *et al.* 2002, Marimon-Junior & Haridasan 2005, Campos *et al.* 2006). Contudo, a maior parte dos estudos realizados no Cerrado é restrita às áreas de Latossolos, que são os solos predominantes na região e poucos estudos contemplam as variações florísticas e ambientais em solos arenosos, como o Neossolo Quartzarênico (Haridasan 2001, 2007, Lindoso & Felfili 2007), que correspondem a 15,2% da extensão do bioma (Reatto & Martins 2005).

O Neossolo Quartzarênico, popularmente conhecido como Areia Quartzosa, caracteriza-se por ser bem-drenado, ácido, com baixa fertilidade e alta saturação de alumínio, além de apresentar pouca diferenciação nos perfis, com sequência de horizontes A-C, que têm no mínimo dois metros de profundidade (Goedert 1987, Furley & Ratter 1998). A coloração pode variar entre branco, acinzentado, amarelado e vermelho, sendo constituído essencialmente de quartzo. Por possuir no máximo 15% de argila e em geral ausência de silte, sua textura pode ser classificada como arenosa a franco-arenosa (Reatto *et al.* 1998, Embrapa 1999), sendo mal-estruturado e constituído por camadas de areia não consolidada (Reatto *et al.* 1998). Os baixos teores de argila e matéria orgânica reduzem a capacidade de agregação de partículas e adsorção de nutrientes, tornando o solo muito suscetível à erosão e à perda de nutrientes por lixiviação (Reatto *et al.* 1998). Ainda em função da textura arenosa, a limitação da capacidade de armazenamento de água é severa, sobretudo em locais de maior macroporosidade, onde a areia grossa predomina sobre a fina (Sousa & Lobato 2005), sendo a disponibilidade de água para as plantas limitada aos primeiros 2 m de profundidade, variando em média de 70 a 200 mm (Reatto *et al.* 1998).

No Cerrado, os Neossolos Quartzarênicos estão relacionadas a sedimentos arenosos de cobertura e a alterações de rochas quartzíticas e areníticas, normalmente em relevo plano ou suavemente ondulado, pois em relevos mais acidentados estes solos tendem a não permanecer estáveis (Reatto *et al.* 1998). Extensas áreas de Neossolo Quartzarênico ocorrem no Mato

Grosso do Sul, Mato Grosso, Oeste da Bahia, sul do Maranhão, norte e sul do Piauí, norte de Minas Gerais e sul do Pará (Goedert 1987, Reatto *et al.* 1998).

Sobre o cerrado *s.s.* estabelecido sobre Neossolos Quartzarênicos, no âmbito do Projeto Biogeografia do Bioma Cerrado (Felfili & Silva Junior 2001, Felfili *et al.* 2004, 2007), foi mostrado, através da Análise de Componentes Principais (ACP), um gradiente nos teores de nutrientes disponíveis e pH dos solos associado ao cerrado *s.s.*, em quatro áreas na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco, na Bahia e em Minas Gerais (Haridasan 2001). Oliveira-Filho *et al.* (1989) realizaram um estudo no gradiente florístico-estrutural do cerrado sobre solos arenosos na Chapada dos Guimarães, em Mato Grosso, onde foi encontrada maior influência na estrutura da comunidade devido às diferenças no regime de água nos solos e declividade, associados à rochiosidade, sendo que a textura e propriedades químicas do solo apresentaram-se praticamente homogêneas. O regime de água e a declividade exerceram influência na densidade das espécies e na altura dos indivíduos, que foram menores com o aumento da rochiosidade, possivelmente limitadas pelos períodos de deficiência hídrica e menor quantidade de solo entre os fragmentos de rocha.

O bioma Cerrado abrange paisagens heterogêneas, devido às variações das fisionomias, topografia e geomorfologia, que ocorrem de maneira fragmentada, ao invés de em um contínuo geográfico (Silva *et al.* 2006). Como consequência, a heterogeneidade de habitats no bioma Cerrado proporciona aos indivíduos lenhosos, uma distribuição desigual em forma de mosaicos, devido à diferença de densidades das espécies promovendo uma elevada diversidade beta para o bioma (Ratter & Dargie 1992, Castro *et al.* 1998, Felfili & Felfili 2001, Ratter *et al.* 2003, 2005, Felfili *et al.* 2004 a, 2007, Felfili & Silva Júnior 1993, 2001, 2005, Bridgewater *et al.* 2004).

A grande diferenciação na abundância das populações ocorre tanto em áreas de cerrado *s.s.* encontradas em um mesmo Sistema de Terra e consideradas fisiograficamente homogêneas (Felfili & Felfili 2001, Felfili & Silva Junior 2001, Felfili *et al.* 2004, 2007), quanto em áreas distantes, mas sobre um mesmo tipo de solo (Lindoso & Felfili 2007). Em geral, há um grande número de espécies comuns entre as áreas, que possuem diferentes densidades, com a ocorrência de espécies abundantes em um local e raras em outro, e vice-versa (Felfili *et al.* 2004).

O cerrado *s.s.* sobre Neossolo Quartzarênico do Parque Nacional de Sete Cidades (PNSC) ocorre em manchas disjuntas intercaladas por outros tipos de vegetação e solos. Dessa forma, este trabalho parte da premissa que os padrões florístico-estruturais encontrados no cerrado *s.s.* sobre Neossolo Quartzarênico no PNSC, apresentam diferenças relacionadas

às variações edáficas e topográficas que ocorrem nas manchas dessa fisionomia sobre solos arenosos.

O objetivo do presente trabalho foi relacionar a variação florística do cerrado s.s., no Parque Nacional de Sete Cidades, no Piauí, com as variações em escala local do meio físico quanto às características químicas e físicas do solo e a altitude.

Material e métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado no Parque Nacional de Sete Cidades (PNSC), que possui uma área de 6.221 ha entre as coordenadas 04°05' - 15' S e 41°30' - 45' W e altitudes de 100 a 300 m, localizado no limite setentrional do bioma Cerrado, no norte do Estado do Piauí (Figura 1). O PNSC é um dos sítios permanentes de pesquisas dos cerrados marginais do Brasil no Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (MCT/CNPq/PELD, Castro *et al.* 2007).

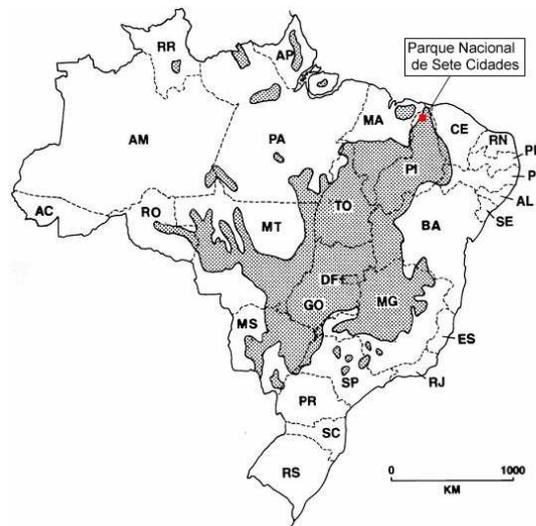


Figura 1: Localização do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí, no bioma Cerrado (Fonte: Ratter *et al.* 1997, modificado).

O clima no PNSC é Tropical, tipo Aw segundo a classificação climática de Köppen. De acordo com as normais climatológicas disponíveis no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a temperatura média anual varia de 24°C a 34°C e a precipitação média anual é de 1.200 a 1.500 mm, com cerca de cinco meses como os mais chuvosos e o período restante é estação seca.

O PNSC situa-se nos municípios de Brasileira (Microrregião do Baixo Parnaíba Piauiense, com 7.669 habitantes; IBGE 2006) e Piracuruca (Microrregião do Litoral Piauiense, com 25.463 habitantes; IBGE 2006). As principais produções agrícolas desses municípios são: castanha-de-caju, coco, manga, arroz, feijão, mandioca e milho (IBGE 2006). Além destas, Piracuruca produz soja e abacaxi, enquanto Brasileira produz banana. Os produtos de extração vegetal são pó de carnaúba, lenha e carvão vegetal (IBGE 2006).

Anteriormente à criação do Parque, a área era ocupada por roças, mas atualmente a situação fundiária da unidade de conservação encontra-se completamente regularizada (IBDF 1979), embora ainda haja a presença de animais domésticos no interior do Parque, como caprinos, observados durante os trabalhos de campo. Estes animais domésticos provavelmente são provenientes de assentamentos alocados próximos aos limites do Parque, através do Programa de Combate à Pobreza Rural (PCPR) da Secretaria de Planejamento do Estado do Piauí (SEPLAN – PI).

De acordo com o Ibama (2005), no período de 1992 a 2005, 79% das queimadas na região ocorreram no entorno do PNSC. A última queimada que ocorreu no interior da unidade de conservação foi em 1996, quando 4.400 ha foram queimados e, em 1994, praticamente todo o Parque foi queimado (5.500 ha). As queimadas que ocorrem no entorno são devidas às atividades de caça, limpeza de pasto, queima de roça e presença da BR 222 (Ibama 2005).

O relevo da área é típico de bacias sedimentares (Bacia Sedimentar do Parnaíba) com a presença de testemunhos areníticos isolados (Della Fávera 1999) e o solo predominante é o Neossolo Quartzarênico (IBDF 1979), que ocorre em manchas associadas a relevo plano e suave ondulado, intercaladas por solos hidromórficos e rochosos.

O PNSC é formado por um mosaico de fisionomias dominado por formações savânicas (cerrado aberto latifoliado perenifólio e cerrado extremamente xeromórfico) que ocupam 48,1% da área, seguidos de formações florestais (floresta aberta latifoliada perenifólia, floresta tropical ombrófila aluvial e floresta tropical semidecídua) com 36%, e formações campestres (campo graminóide cespitoso médio) que ocupam 14,3% da área (Oliveira *et al.* 2007). O cerrado *sensu stricto* (s.s.) sobre Neossolo Quartzarênico corresponde a 37,6% da área do Parque (Oliveira *et al.* 2007), e se encontra intercalado com manchas de outro tipo de vegetação, como formações de cerradão, campos, mata seca e mata de galeria, ou até mesmo com essa fisionomia em solos mal drenados ou rochosos, formando o mosaico vegetacional do PNSC.

Dados sobre vegetação e variáveis ambientais

Para a coleta de dados sobre a vegetação, foi realizado um levantamento fitossociológico nas manchas de cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico distribuídas pelo PNSC, com dez parcelas de 20 x 50 m, totalizando um hectare. Todas as plantas lenhosas com diâmetro igual ou maior a 5 cm foram identificadas e tiveram medidos a altura e diâmetro a 30 cm do solo. Foram coletadas cinco amostras simples de solo em sub-parcelas de 10 m x 20 m, a 15 cm de profundidade, para compor uma amostra composta por parcela. A localização e altitude das parcelas foram obtidas com auxílio de GPS Garmin, modelo E-Trex Legend (*Datum* Córrego Alegre).

As análises químicas e físicas de solo foram realizadas nos Laboratórios de Química Analítica da EMBRAPA/CPAC, utilizando-se os métodos descritos pela Embrapa (1997) e Nogueira & Souza (2005). Foram realizadas as análises de pH, acidez potencial (H+Al), concentrações disponíveis dos elementos: Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , P^+ , K^+ , Mn^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+} , Na^+ e teor porcentual de matéria orgânica, areia, silte e argila.

As disponibilidades de fósforo, potássio e dos micronutrientes (cobre, ferro, manganês e zinco) foram determinadas com extração ácida (0,05 M H_2SO_4 + 0,05 M HCl) e medidas com o espectrofotômetro UV-visível, fotômetro de chama e espectrofotômetro de absorção atômica. Os nutrientes cálcio, magnésio e alumínio trocáveis foram extraídos com solução de KCl (1M). O alumínio foi determinado por titulação ácido-base com NaOH (0,01 M), e os elementos cálcio e magnésio, em espectrofotômetro de absorção atômica. Para o cálculo da saturação por bases foi utilizada também a acidez potencial (H+Al) obtida com extração por $C_4H_6CaO_4$ (0,5 M), seguida de titulação ácido-base com NaOH (0,02 M), de acordo com Embrapa (1997) e Nogueira & Sousa (2005). O porcentual de matéria orgânica foi calculado pelo método da oxidação por via úmida (Walkley & Black 1934). O pH foi medido numa solução 1:2,5 de solo-água e a textura foi determinada por diferenças de densidade das frações de diferentes granulometrias, pelo método da pipeta (Nogueira & Souza 2005).

A partir das análises químicas, foram calculadas, para cada parcela, a Capacidade de Troca Catiônica (CTC efetiva e T), a porcentagem de sódio trocável (PST) no solo, saturação de bases trocáveis (V) e saturação por alumínio trocável (m), através das equações (Embrapa 1999, Luz *et al.* 2002):

$$CTC \text{ efetiva (cmol.kg}^{-1}\text{)} = Na^+ + Ca^{2+} + K^+ + Mg^{2+} + Al^{3+}$$
$$T \text{ (cmol.kg}^{-1}\text{)} = Na^+ + Ca^{2+} + K^+ + Mg^{2+} + H+Al \quad PST \text{ (\%)} = (Na^+ / CTC \text{ efetiva}) \times 100$$
$$V \text{ (\%)} = (Na^+ + Ca^{2+} + K^+ + Mg^{2+} / T) \times 100 \quad m \text{ (\%)} = (Al^{3+} / CTC \text{ efetiva}) \times 100$$

Ordenação

Os fatores ambientais analisados (características químicas e físicas do solo e altitude) e a densidade absoluta das espécies foram ordenados por análise direta de gradientes, através da Análise de Correspondência Canônica (CCA) (Ter Braak 1986) com a utilização do programa Canoco 4.02 (Ter Braak & Smilauer 1999), a fim de detectar relações entre as variáveis ambientais e ocorrência e abundância das espécies nas parcelas. As densidades das espécies foram log-transformadas na base natural (Leps & Smilauer 2003) e os dados ambientais foram padronizados com base na média e desvio padrão, segundo Ter Braak (1986). Ambas as padronizações foram realizadas através do programa Microsoft Excel. Foram utilizadas as espécies que obtiveram densidade maior que cinco indivíduos na amostragem, totalizando 28 espécies na análise. Após a primeira análise, foram eliminadas as variáveis com alta colinearidade, detectadas pelo alto valor de inflação ($\geq 20,0$), e as variáveis pouco correlacionadas com os eixos de ordenação, indicado pelo baixo valor dos coeficientes de correlação (menor que 0,3 no primeiro e segundo eixos), totalizando sete variáveis na análise. A significância da ordenação foi testada utilizando o teste de Monte Carlo (Ter Braak 1986).

Resultados e discussão

Caracterização da vegetação

No cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico no PNSC, foram encontradas 45 espécies distribuídas em 40 gêneros e 21 famílias botânicas (Anexo 1). A densidade foi de 1017 indiv.ha⁻¹, a área basal de 10,71 m².ha⁻¹ e a diversidade alfa de 3,07 nats.indiv⁻¹ pelo índice de Shannon. Estes parâmetros estão dentro dos limites encontrados para cerrado s.s. no Brasil Central, em 15 áreas inventariadas em Goiás, Bahia, Minas Gerais e Distrito Federal (Felfili *et al.* 2004), indicando a semelhança do cerrado marginal com a vegetação ao longo do bioma, embora a riqueza seja inferior ao encontrado no Brasil Central.

No PNSC, quase a metade das espécies apresenta ampla distribuição no bioma Cerrado, as espécies *Qualea parviflora*, *Qualea grandiflora*, *Tabebuia aurea* e *Tabebuia ochracea* (Ratter *et al.* 2003, 2005). O caráter marginal do cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico do PNSC é evidenciado pela presença de espécies típicas dos cerrados do Nordeste e com ocorrência restrita a esta região, como *Byrsonima crassifolia*, *Stryphnodendron coriaceum*, *Parkia platycephala*, *Caryocar coriaceum*, *Copaifera coriacea*, *Lafoensia vandelliana* e *Vitex flavens*.

Na Tabela 1, estão listadas as 28 espécies que obtiveram densidade maior que 5

indiv.ha⁻¹ na amostragem, utilizadas na Análise de Correspondência Canônica (CCA) e indicadas as fisionomias onde ocorrem, além de cerrado s.s, baseado em Mendonça *et al.* (1998), Castro *et al.* (1998) e Felfili *et al.* (2001). As espécies analisadas corresponderam a 62,22% das espécies amostradas no cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico (Anexo 1) e a 91,83% da densidade obtida. As seis espécies com maior densidade correspondem a mais da metade dos indivíduos analisados (529 indivíduos). *Curatella americana*, a espécie com maior densidade na área estudada, representa 11,67% dos indivíduos analisados e *Myracrodruon urundeuva* e *Lafoensia vandelliana*, as espécies analisadas que obtiveram menor densidade, correspondem a 1,07% dos indivíduos analisados. A concentração da densidade em poucos indivíduos é uma característica marcante do cerrado s.s. (Felfili & Silva Junior 2001, 2005; Felfili *et al.* 2004, 2007), dessa forma, o grupo de espécies com maior densidade define a estrutura da vegetação, e assim as respostas destas espécies aos parâmetros ambientais, definem as características da comunidade em maior escala.

Tabela 1. Espécies do cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí, com densidade maior que 5 indiv.ha⁻¹ na amostragem, utilizadas na Análise de Correspondência Canônica (CCA) e indicadas as fisionomias típicas de ocorrência. MG: mata de galeria; MS: mata seca; Ce: cerradão; C: cerrado *sensu stricto*.

Espécie	Família	Densidade	Fisionomia típica ¹
<i>Curatella americana</i> L.	Dilleniaceae	109	C, Ce
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	Fabaceae	105	C, Ce
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	Fabaceae	93	C, Ce
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Malpighiaceae	83	C
<i>Terminalia fagifolia</i> Mart. & Zucc. ex Eichler	Combretaceae	79	C
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	Vochysiaceae	60	MG, C
<i>Parkia platycephala</i> Benth.	Fabaceae	42	C, Ce
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	Sapotaceae	41	C
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Vochysiaceae	36	C
<i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacardiaceae	30	C
<i>Copaifera coriacea</i> Mart.	Fabaceae	29	MG, C
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	Fabaceae	28	C
<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	Sapindaceae	28	MG, MS, C, Ce
<i>Caryocar coriaceum</i> Wittm.	Caryocaraceae	26	C
<i>Dimorphandra gardneriana</i> Tul.	Fabaceae	21	C

Continua

Tabela 1. Continuação.

Espécie	Família	Densidade	Fisionomia típica ¹
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Anacardiaceae	15	MG
<i>Salacia elliptica</i> (Mart. ex Schult.) G.Don	Hippocrateaceae	15	C
<i>Stryphnodendron coriaceum</i> Benth.	Fabaceae	14	C
<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovlev	Fabaceae	13	MG, C, Ce
<i>Psidium myrsinites</i> DC.	Myrtaceae	13	C
<i>Salvertia convallariodora</i> A.St.-Hil.	Vochysiaceae	11	C
<i>Oxandra sessiliflora</i> R.E.Fr.	Annonaceae	8	C
<i>Vitex flavens</i> Kunth	Verbenaceae	7	C
<i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl.	Bignoniaceae	6	MG, C
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	Fabaceae	6	C, Ce
<i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil.	Simaroubaceae	6	MG, C
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemao	Anacardiaceae	5	MG, MS, C, Ce
<i>Lafoensia vandelliana</i> Cham. & Schltldl.	Lythraceae	5	MS, C
Outras (17 espécies)		32	

¹Fontes: Mendonça *et al.* (1998), Castro *et al.* (1998) e Felfili *et al.* (2001).

Dentre as 28 espécies analisadas (Tabela 1), 17 (60,71%) possuem ampla distribuição no Cerrado (Ratter *et al.* 2003, 2005), 50% ocorrem também em fisionomias florestais, como cerradão, mata seca e mata de galeria. A relação dinâmica existente entre vegetações florestais e savânicas durante o Pleistoceno, com a expansão das savanas e contração da Floresta Amazônica nos períodos glaciais e vice-versa, nos períodos interglaciais, promoveu padrões complexos na flora e fragmentação de populações (Ratter *et al.* 1997, Oliveira-Filho & Ratter 2002). Com isso, as formações do bioma, apesar de apresentarem uma flora específica em geral, compartilham espécies das formações savânicas e florestais que se intercalam no espaço geográfico, em função das condicionantes ambientais (Silva *et al.* 2006). Dessa forma, o Cerrado compõem-se de espécies peculiares do bioma e de espécies que ocorrem também em biomas adjacentes ou fisionomias florestais e que possuem significado ecológico, como demonstrado pelas abundâncias, corroborando com a discussão de Castro & Martins (1999) & Ratter *et al.* (2005) sobre espécies peculiares e não-endêmicas no bioma Cerrado. Das 300 espécies mais comuns no Cerrado, 65,3% estão associadas com floresta atlântica, floresta amazônica ou mata seca (Ratter *et al.* 2005), sendo que a proporção de espécies que também

são encontradas na floresta atlântica é maior do que espécies encontradas também na floresta amazônica (Méio *et al.* 2003, Ratter *et al.* 2005).

A ocorrência de espécies de outras fisionomias no cerrado s.s. revela que muitas espécies possuem elevada plasticidade para a colonização de diferentes ambientes em relação à umidade e fertilidade do solo, indicando que pequenas variações podem permitir o estabelecimento dessas espécies, mesmo em um solo relativamente homogêneo e distrófico, como o Neossolo Quartzarênico.

Caracterização ambiental

Os solos encontrados em todas as parcelas (Tabela 2) apresentam textura arenosa e, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa 1999, IBGE 2007), os solos podem ser classificados com textura Franco Arenosa (P10, com 15% de argila), Areia Franca (P5, com 10% de areia grossa), e nas demais parcelas, Areia (Figura 2). A maior quantidade de argila proporciona uma maior retenção de água e nutrientes (Brady & Weil 2002), o que não ocorre em solos com grande quantidade de areia devido, principalmente, ao tamanho dos grãos de areia (de 0,5 mm a 2 mm), que são relativamente grandes e, como consequência, possuem área de superfície pequena, proporcionando alta porosidade ao solo e tornando-o com baixa capacidade de retenção de água e nutrientes (Brady & Weil 2002). A areia fina possui tamanho menor e conseqüentemente maior área de superfície que a areia grossa, e dessa forma possui mais microporos, o que auxilia na maior retenção de água e menor lixiviação de nutrientes do que a areia grossa (Brady & Weil 2002). Assim, é de se esperar que solos com maior porcentagem de areia grossa (como a P5) tenham uma menor disponibilidade de água e nutrientes para as plantas do que em relação aos solos com maior porcentagem de areia fina (como as demais parcelas) e principalmente, em relação aos solos com maior quantidade de argila (como a P10).

Os solos das parcelas foram ácidos, com baixo pH em água, cujos valores variaram de 4,74 a 5,05, apresentando baixos coeficientes de variação (Tabela 2). Os valores estão dentro dos limites já encontrados em outras áreas de cerrado sobre Neossolo Quartzarênico na borda nordeste do bioma, como na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco, onde o pH variou de 4 a 5,12 (Haridasan 2001). Nos cerrados, em geral, é obtido um limite de pH entre 4,3 a 6,2 (Furley & Ratter 1998).

O Neossolo Quartzarênico encontrado no PNSC é classificado como distrófico (com saturação por bases menor que 50%), álico (com saturação de alumínio maior que 50%) e

Tabela 2. Variáveis ambientais encontradas para dez parcelas amostradas no cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí. MO: matéria orgânica; PST: Porcentagem de Sódio Trocável; CTC: capacidade de troca catiônica no pH atual do solo; T: capacidade de troca catiônica no pH 7; V: saturação de bases, m: saturação por alumínio, DP: desvio padrão; IC: intervalo de confiança ($\mu \pm t_{\alpha(2), 9}.DS$; $\alpha = 0,05$); CV; coeficiente de variação, *: valores fora do intervalo de confiança para a média.

Variáveis / Parcela	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	Média (DP)	IC	CV (%)
pH (H ₂ O)	4,82	4,83	5,03	5,02	4,92	4,74	5,05	4,8	5	4,85	4,90 (0,11)	$\mu \pm 0,25$	2,29
Al ³⁺ (cmolc.kg ⁻¹)	0,67	0,58	0,89	0,58	0,62	0,68	0,75	0,76	0,51	1,18*	0,72 (0,19)	$\mu \pm 0,44$	26,93
H+Al (cmolc.kg ⁻¹)	1,82	2,16	3	2,28	2,72	2,36	1,86	2,82	2,06	3,56	2,46 (0,55)	$\mu \pm 1,25$	22,48
Cu ²⁺ (mg.L ⁻¹)	0	0	0,2	0	0	0,1	0,2	0	0,5	0,7	0,17 (0,24)	$\mu \pm 0,55$	144,22
Fe ²⁺ (mg.L ⁻¹)	51,9	90,5	75,3	90,8	172	94,8	66,1	29,6	266,0*	142,0	107,9 (69,21)	$\mu \pm 156,55$	64,14
Zn ²⁺ (mg.L ⁻¹)	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,4	0,2	0,4	0,3	0,25 (0,09)	$\mu \pm 0,22$	38,87
Mn ²⁺ (mg.L ⁻¹)	0,5	0,5	0,2	0,8	1	1,1	0,4	0,7	4,7*	0,7	1,06 (1,30)	$\mu \pm 2,96$	123,34
P ⁺ (mg.L ⁻¹)	1,21	0,97	1,24	0,83	1,45	1,09	1,67	1,24	1,27	0,88	1,18 (0,25)	$\mu \pm 0,58$	21,67
Ca ²⁺ (cmolc.kg ⁻¹)	0,12	0,13	0,09	0,14	0,16	0,13	0,11	0,16	0,25*	0,12	0,14 (0,04)	$\mu \pm 0,10$	31,09
Mg ²⁺ (cmolc.kg ⁻¹)	0,01	0,03	0	0,02	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,09	0,03 (0,03)	$\mu \pm 0,07$	78,26
K ⁺ (cmolc.kg ⁻¹)	0,14	0,27	0,19	0,24	0,24	0,24	0,29	0,27	0,37	0,55*	0,28 (0,11)	$\mu \pm 0,25$	40,18
Na ⁺ (cmolc.kg ⁻¹)	0,06	0,11	0,06	0,16	0,11	0,06	0,06	0,06	0,06	0,11	0,09 (0,03)	$\mu \pm 0,08$	41,47
MO (%)	0,43	0,5	0,62	0,59	0,56	0,51	0,45	0,64	0,61	0,82	0,57 (0,11)	$\mu \pm 0,26$	19,68
CTC (cmolc.kg ⁻¹)	1,0	1,12	1,23	1,14	1,15	1,14	1,25	1,31	1,27	2,05*	1,27 (0,28)	$\mu \pm 0,66$	22,88
T (cmolc.kg ⁻¹)	2,15	2,70	3,34	2,84	3,25	2,82	2,36	3,37	2,82	4,43	3,01 (0,63)	$\mu \pm 1,44$	21,22
PST (%)	6,04	9,87	4,91	14,07	9,57	5,29	4,82	4,62	4,75	5,38	6,74 (3,18)	$\mu \pm 7,20$	45,90
V (%)	15,32	19,93	10,20	19,79	16,36	16,37	21,30	16,26	26,96	19,65	18,10 (4,43)	$\mu \pm 10,03$	24,34
m (%)	67,05	51,90	72,32	50,77	53,82	59,54	59,83	58,12	40,14	57,54	57,00 (8,89)	$\mu \pm 20,10$	15,56
Altitude (m)	196	194	194	237	231	236	168	170	171	184	198,1 (27,28)	$\mu \pm 61,71$	13,77

com baixa capacidade de troca catiônica efetiva (CTC menor que 27 cmol.kg^{-1}), conforme os parâmetros adotados pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa 1999, IBGE 2007).

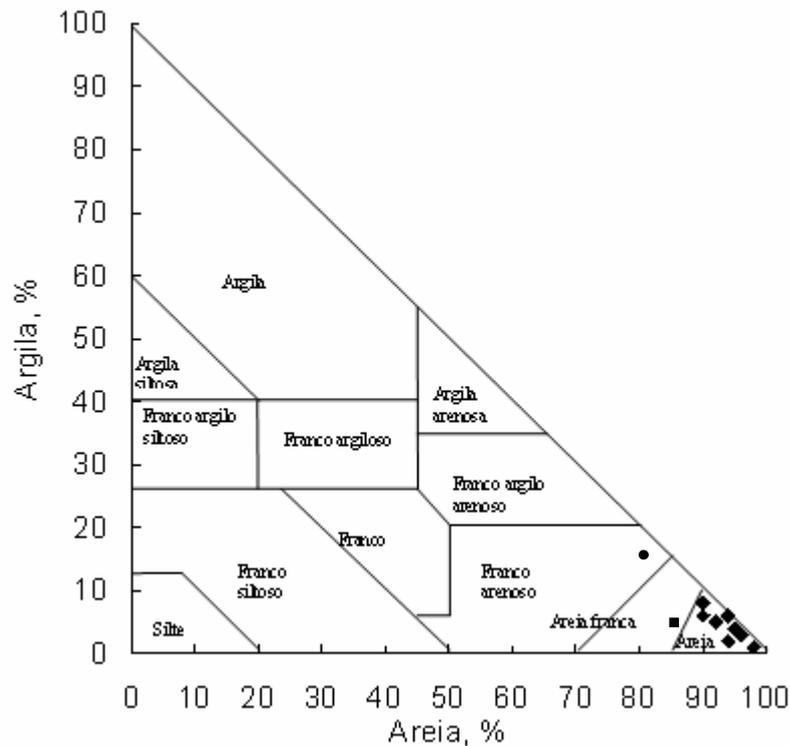


Figura 2. Classes de textura do Neossolo Quartzarênico do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí. ■ P10: textura franco-arenoso; ■ P5: textura areia franca; ■ demais parcelas: textura areia.

Os coeficientes de variações obtidos para as variáveis do solo (Tabela 2), em sua maioria, possuem valores elevados (maior que 30%), indicando algumas variações das propriedades dos solos entre as parcelas. A CTC variou de 1,0 a $2,05 \text{ cmol.kg}^{-1}$ com moderada variação (CV de 22,88%), especialmente na P10, cuja CTC encontrou-se acima do limite superior do intervalo de confiança (Tabela 2), devido à maior porcentagem de argila (10%; $r = 0,867$, $P = 0,001$), maior porcentagem de matéria orgânica (0,82%; $r = 0,860$, $P = 0,001$) e maior teor de alumínio ($1,18 \text{ cmolc.kg}^{-1}$; $r = 0,658$, $P = 0,003$). A matéria orgânica é uma fonte importante de nutrientes do solo e para o aumento da CTC (Reatto *et al.* 1998), assim a maior porcentagem de matéria orgânica e maior CTC na P10, podem facilitar a disponibilidade de nutrientes. Porém a elevada quantidade de alumínio presente nesta parcela faz com que este íon seja dominante na CTC, em detrimento dos nutrientes, que então são lixiviados.

O cálcio encontrado no PNSC variou de 0,09 a 0,25 cmol.kg^{-1} , com variações elevadas entre as parcelas (CV de 31,09%), especialmente na P9, que obteve o maior valor, fora do intervalo de confiança (Tabela 2). Todos os valores obtidos para as parcelas amostradas estão dentro dos limites propostos para solos distróficos, que possuem concentração de cálcio menor que 2,0 cmol.kg^{-1} (Lopes 1983, Haridasan 1992).

Nos solos arenosos da Chapada do Espigão Mestre do São Francisco (Haridasan 2001), a variação de cálcio foi de 0,01 a 0,26 cmol.kg^{-1} , enquanto nos cerrados s.s sobre diversos tipos de solo na Chapada dos Veadeiros, especialmente Litossolo (Haridasan 2007), a variação foi de 0,04 a 4,69 cmol.kg^{-1} . De acordo com Lathwell & Grove (1986), a retenção do cálcio é devido, principalmente, à matéria orgânica encontrada na superfície. A quantidade de matéria orgânica encontrada nos solos arenosos do cerrado s.s. no PNSC é baixa, variando de 0,43% a 0,82%, com moderada variação entre as parcelas (Tabela 2) e encontra-se abaixo dos limites encontrados para o cerrado, que geralmente variam de 0,7 a 6,0% (Furley & Ratter 1998). Ou seja, a disponibilidade de cálcio no Neossolo Quartzarênico, tanto no PNSC como na Chapada do Espigão Mestre, é caracteristicamente baixa.

No geral, as deficiências dos nutrientes nos solos arenosos são devidas, principalmente, ao material parental (arenito, no PNSC), que possui pouco desses elementos e a lixiviação remove o pouco que originalmente o solo continha (Brady & Weil 2002), devido ao tamanho dos grãos de areia e pouca porcentagem de argila, como discutido anteriormente. Além disso, as baixas porcentagens de argila e matéria orgânica encontradas promovem pequena carga negativa no solo e, conseqüentemente, baixa capacidade de retenção de cátions.

No PNSC, a média encontrada para o teor de fósforo foi 1,18 mg.L^{-1} , variando entre 0,88 a 1,67 mg.L^{-1} , com CV de 21,67%, sugerindo uma moderada variação entre as parcelas. Estes conteúdos são quatro vezes superiores aos valores verificados na maioria dos solos sob cerrado s.s., que possuem cerca de 0,4 mg.L^{-1} de fósforo disponível (Furley & Ratter 1988). Mesmo com pouca quantidade de fósforo nos solos no cerrado, é possível encontrar ampla variação desse nutriente nesses solos, de 0,1 a 16,5 mg.L^{-1} (Furley & Ratter 1988). Nos cerrados sobre Neossolo Quartzarênico da Chapada do Espigão Mestre do São Francisco, foram encontrados de 0,8 a 3,8 mg.L^{-1} (Haridasan 2001). Em cerrados sobre Litossolo, na região da Chapada dos Veadeiros, os valores obtidos para o teor de fósforo em cerrado s.s. variaram de 0,50 a 6,7 mg.L^{-1} (Haridasan 2007).

Não foi encontrada relação entre o teor de fósforo e densidade nas parcelas do PNSC ($P = 0,92$). Os solos do cerrado possuem conhecida deficiência em fósforo (Lathwell & Grove

1986, Sousa & Lobato 2004), onde 2 mg.L^{-1} é considerado um nível crítico para o crescimento das plantas, para fins agronômicos (Lopes 1983, Furley & Ratter 1988). O fósforo é um nutriente que desempenha papel fundamental para qualquer ser vivo, sendo componente essencial para a formação de ATP, que fornece energia para os processos bioquímicos do organismo. Além disso, o fósforo é um componente do material genético e dos fosfolipídios que compõem as membranas plasmáticas das células. Dessa forma, um suprimento adequado de fósforo auxilia as plantas em diversas atividades fisiológicas, como fotossíntese, fixação de nitrogênio, florescimento, frutificação, crescimento das raízes, especialmente as secundárias. Esse nutriente possui uma grande mobilidade nas plantas e retorna ao solo com a decomposição dos tecidos, ficando disponível para a utilização de outras plantas, sendo que pouco é perdido se o sistema permanece sem distúrbios (Brady & Weil 2002).

No PNSC, o magnésio variou de 0 a $0,09 \text{ cmol.kg}^{-1}$, com elevada variação entre as parcelas (CV de 78,26%) e com todas as parcelas abaixo do nível crítico de magnésio trocável no solo (menor ou igual a $0,5 \text{ cmol.kg}^{-1}$) (Tabela 2), característica comum à maioria dos solos do cerrado, que apresentam deficiência neste nutriente (Lopes 1983, Furley & Ratter 1998). Apesar da variabilidade nos teores de magnésio no Neossolo Quartzarênico do PNSC, não foi encontrada relação desse nutriente com a densidade ($P = 0,95$). Na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco, o teor de magnésio foi maior, variando de $0,019$ a $0,16 \text{ cmol.kg}^{-1}$ (Haridasan 2001) e na Chapada dos Veadeiros também, variando de $0,06$ a $1,97 \text{ cmol.kg}^{-1}$, sendo as maiores quantidades encontradas em Litossolo (Haridasan 2007).

O magnésio é um componente da molécula de clorofila, além de desempenhar importante papel na síntese de óleos e proteínas e na ativação de enzimas nas plantas (Brady & Weil 2002). Este macronutriente é relacionado diretamente com o pH do solo (Brady & Weil 2002), sendo muito utilizado para a correção de solos ácidos (Goedert 1987). Além disso, esse nutriente é facilmente transportado dentro das plantas, das folhas velhas para as novas, e dessa forma, as folhas mais antigas são as primeiras a serem afetadas por um baixo suprimento de magnésio (Goedert 1987, Brady & Weil 2002). Isso é comum em solos arenosos com baixa CTC e conhecido como “afogamento por areia” (*sand drown*), pois se assemelham aos sintomas causados pela falta de oxigênio em solos com saturação hídrica (Brady & Weil 2002).

O potássio no Neossolo Quartzarênico do PNSC, variou entre $0,14$ a $0,55 \text{ cmol.kg}^{-1}$, com grande variação entre as parcelas (CV de 40,18%), sendo o maior valor encontrado na P10 (Tabela 2). Estes valores encontram-se entre os comumente encontrados para o cerrado,

entre 0,02 e 0,61 cmol.kg^{-1} (Lopes 1983, Furley & Ratter 1998). Apenas a P1, com 0,14 cmol.kg^{-1} , apresentou teor abaixo do limite crítico para crescimento das plantas (0,15 cmol.kg^{-1}) (Lopes 1983). Os valores encontrados (Tabela 2) foram maiores do que nos solos arenosos da Chapada do Espigão Mestre, onde o potássio variou de 0,027 a 0,162 cmol.kg^{-1} (Haridasan 2001). Este elemento é necessário para a ativação de diversas enzimas e possui papel na absorção de água pelas raízes.

Os teores de alumínio variaram de 0,51 a 1,18 cmol.kg^{-1} , podendo ser classificados médios a altos por estarem acima de 0,25 cmol.kg^{-1} (Lopes 1983). A variabilidade foi moderada entre as parcelas, com CV de 26,93%, onde o maior teor foi encontrado na P10 (Tabela 2), único valor considerado elevado por encontrar-se acima de 1,0 cmol.kg^{-1} (Lopes 1983). Valores semelhantes foram encontrados nos solos arenosos da Chapada do Espigão Mestre, onde o alumínio variou de 0,46 a 1,20 cmol.kg^{-1} (Haridasan 2001).

A P9, que apresentou o menor teor de alumínio, foi a parcela que mostrou a menor densidade de indivíduos (64), sendo que a densidade de indivíduos nas parcelas no levantamento fitossociológico variou de 64 a 121. Para Goodland (1971) e Goodland & Ferri (1979), os cerrados apresentam um oligotrofismo aluminotóxico, onde há influência do caráter tóxico do alumínio sobre a vegetação, o que determina um gradiente de diminuição da fitomassa com maior concentração desse elemento e menor fertilidade nos solos. Isto não foi corroborado neste estudo, pois não foi encontrada relação entre teor de alumínio e densidade ($P = 0,24$), assim como em outros trabalhos realizados em cerrado s.s. ou outras fisionomias, como o cerradão (Haridasan 1987, 1992, Marimon *et al.* 2001, Ruggiero *et al.* 2002, Marimon-Junior & Haridasan 2005). A P10, que teve o maior teor de alumínio, foi a parcela que teve a maior quantidade de espécies acumuladoras de alumínio, segundo a classificação de Haridasan (1987), com a ocorrência de 31 indivíduos de Vochysiaceae (*Qualea grandiflora*, *Qualea parviflora* e *Salvertia convallariodora*). Porém, analisando todas as parcelas, não foi encontrada uma relação entre a quantidade de indivíduos de Vochysiaceae e o teor de alumínio no cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico do PNSC ($P = 0,14$).

Além do menor teor de alumínio, a P9 foi a que obteve os maiores teores de ferro, manganês, cálcio, zinco e potássio, sendo que estes elementos apresentaram CVs elevados, com valores extremos fora do intervalo de confiança (Tabela 2). A maior disponibilidade desses nutrientes nesta parcela pode ser devido à sua localização, próximo de uma mata de galeria, com a presença de solo mais orgânico. A baixa densidade pode ser consequência de pastejo por caprinos e outros usos antrópicos, uma vez que a parcela encontra-se próxima da cerca de limite do Parque.

O ferro encontrado no Neossolo Quartzarênico do PNSC variou de 29,6 a 266,0 cmol.kg^{-1} , com elevada variação entre as parcelas (CV de 64,14%), sendo o maior valor obtido na P9, fora do intervalo de confiança (Tabela 2). A média obtida para o ferro no PNSC foi alta (115,18 mg.L^{-1}), comparando com o comumente encontrado no Cerrado, que varia entre 3,7 a 74 mg.L^{-1} (Lopes 1983). Os teores aqui encontrados, no geral, foram mais altos do que aqueles encontrados no Neossolo Quartzarênico na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco, que variaram de 43 a 74 mg.L^{-1} (Haridasan 2001), mas ficaram abaixo dos teores nos Litossolos de algumas áreas na Chapada dos Veadeiros, como em Alto Paraíso (131,10 mg.L^{-1} e 119,21 mg.L^{-1}), em Vila Propício (164,57 mg.L^{-1}), e no PN da Chapada dos Veadeiros (227,80 mg.L^{-1}) (Haridasan 2007). Os solos de cerrado em geral, não apresentam deficiência de ferro (Lopes 1983, Furley & Ratter 1998).

A toxidez causada pelo ferro no cerrado é observada em áreas esparsas e associados a locais com má drenagem do solo (Lopes 1983), o que não é o caso de solos arenosos, que são bem drenados, embora no PNSC haja solos mal drenados devido à camada de rochas sob o solo. Os micronutrientes, como o ferro, são mais solúveis e portanto, disponíveis em maiores concentrações para as plantas, sob condições ácidas (Brady & Weil 2002), dessa forma a toxidez causada pelo ferro também está associada a locais com pH muito baixo, como no caso de uma floresta monodominante de *Brosimum rubescens* Taub, onde Marimon *et al.* (2001) encontraram uma média de 240,7 mg.L^{-1} de ferro, que associada a uma alta acidez do solo (pH de 4,3), foi um dos fatores determinantes para a dominância dessa espécie.

O manganês nos solos do PNSC variou entre 0,2 a 4,7 mg.L^{-1} , com grande variação entre as parcelas (CV de 123,34%) com o maior valor encontrado na P9, fora do intervalo de confiança. O teor da P1, P2, P3 e P7, ficaram abaixo do comumente encontrado para o cerrado (entre 0,6 a 92,2 mg.L^{-1} , Lopes 1983, Furley & Ratter 1998) e todas as parcelas encontram-se abaixo do nível considerado crítico (5,0 mg.L^{-1} a pH 6) para o cultivo de plantas (Lopes 1983). Esta carência de manganês parece exercer influência na densidade das espécies encontradas nas parcelas de cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico no PNSC ($r = 0,639$, $P = 0,047$). Esse micronutriente, que ativa diversas enzimas nas plantas, é necessário para a fotossíntese, assimilação e metabolismo do nitrogênio (Brady & Weil 2002).

A Porcentagem de Sódio Trocável (PST) média encontrada foi de 6,7% (variando entre 4,6% e 14,07%, com CV de 45,90%). Com os valores de PST encontrados (Tabela 2), os solos da P1, P2, P4 e P5 possuem caráter solódico ($6\% \leq \text{PST} \leq 15\%$), conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa 1999, IBGE 2007). Este elemento não tem sido analisado em estudos ecológicos realizados com solos nos cerrados, pois no geral, os solos

salino-sódicos costumam ocorrer nas regiões semi-áridas ou áridas, onde há grande evaporação da água do solo, restando o sal, e está associado a regiões com solos alcalinos. Porém, no PNSC, o teor de sódio, que variou de 0,06 a 0,16 cmol.kg⁻¹, com elevada variação entre as parcelas (Tabela 2), exerceu uma grande influência na estrutura da vegetação estudada, demonstrada pela análise multivariada e discutida adiante. Estes valores encontram-se acima das quantidades geralmente encontradas em Neossolo Quartzarênico no Cerrado (0,02 cmol.kg⁻¹, Goedert (1987).

Embora a PST (média de 6,7%) encontrada no PNSC seja menor do que a necessária para o solo ser considerado com caráter sódico (PST maior que 15%), e estes solos sejam frequentemente associados à baixa acidez (solos alcalinos), pode haver uma tendência a sodificação desses solos, já que há a ocorrência de solos solódicos, com PST de 14,06% na P4. Esta tendência a sodificação pode aumentar se a vegetação for retirada, diminuindo a relação de evaporação de água do solo e precipitação. Estudos devem ser realizados abordando esta possível tendência, pois o problema de salinização de solos atinge muitas áreas do mundo e é um grave problema sócio-ambiental (Ghadiri *et al.* 2007, Filho *et al.* 2003, Brady & Weil 2002). A maioria dos trabalhos sobre sodificação/salinização do solo é referente à salinização secundária, devido à irrigação e experimentos (Netto *et al.* 2007, Silva *et al.* 2005, Lu *et al.* 2004, Filho *et al.* 2003, Freire *et al.* 2003), sendo que poucos abordam a relação da vegetação nativa com a salinização, como Dye & Walker (1980).

O aumento da salinidade, além de diminuir o pH (Lu *et al.* 2004) também promove o aumento da concentração de cátions solúveis, devido à remoção destes cátions pelo Na⁺ nos sítios de troca catiônica, o que também aumenta a suscetibilidade à erosão e lixiviação (Ghadiri *et al.* 2007). Comparando três solos com diferentes texturas, Ghadiri *et al.* (2007) observaram que a PST e a condutividade elétrica do solo mais arenoso aumentaram muito mais do que os solos com textura mais argilosa, após o tratamento de saturação dos solos com solução sódico-salina. Este fato foi justificado pelos autores devido às características estruturais desse solo, que possui textura mais grosseira, maior proporção de macroporos, maior acessibilidade dos sítios de troca e menor CTC. Há também uma diminuição da condutividade hidráulica do solo com o aumento do PST, devido à dispersão das partículas de argilas, causando a obstrução dos poros, onde o aumento da PST no solo de 4,8% para 15%, diminui aproximadamente 48% da condutividade hidráulica (Filho *et al.* 2003), sendo este valor o considerado para a classificação de solos sódicos, de acordo com a Embrapa (1999) e IBGE (2007).

A relação de evaporação do solo e precipitação não é argumento que justifica a quantidade de sódio encontrado nos solos do PNSC, pois a precipitação na região é elevada (de 1200 a 1500 mm anuais). Nos Estados Unidos, há a ocorrência de solos salinizados em locais com baixa precipitação, e dessa forma, o sódio permanece nas camadas superficiais, sem ser lixiviado (Brady & Weil 2002). A presença de sódio nos solos do PNSC pode ser devido ao transporte pela chuva e ventos, já que o PNSC encontra-se por volta de 140 km do mar e há regiões na Austrália em que isto ocorre, embora este processo seja lento, podendo levar milhares de anos para se tornar um problema agrônômico (CRC 1994).

Além da ocorrência de solos solódicos no PNSC, o Neossolo Quartzarênico não é um solo recomendável para usos agrícolas, visto a intensa lixiviação que ocorre nesses solos e processos erosivos com o manejo inadequado. Todos estes problemas são aumentados com a retirada da vegetação e visto a fragilidade desse sistema, é recomendável sua ampla proteção. A ampliação do PNSC, recomendada desde a elaboração do plano de manejo (IBDF 1979) e mais uma vez abordada no Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação (FBPN 2007, Lindoso *et al.* 2007) pode contribuir para a conservação desse ambiente, visto que na região ao redor do Parque ainda há ampla área de cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico que não está legalmente protegida.

A amplitude altitudinal entre as parcelas variou de 168 a 237 m, sendo que em parcelas em altitudes relativamente mais baixas foram encontradas espécies que ocorrem em matas de galeria e ambientes com saturação hídrica, e nas parcelas com altitude mais elevada, foram encontradas espécies que ocorrem predominantemente em formações savânicas do Cerrado, como será discutido adiante. No PNSC, foram observadas em algumas áreas, um acúmulo de água devido a camadas de rochas abaixo do solo, que impedem a drenagem. Dessa forma, as diferenças de altitude possivelmente estão relacionadas com a proximidade dessas camadas de rocha sob o solo que impedem a drenagem, acumulando mais água ao longo do perfil e tornando o solo mais úmido.

Ordenação

As variáveis ambientais que tiveram maior influência na vegetação foram: altitude e teores de Fe^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , H^+ + Al , areia grossa e argila, conforme pode ser visualizados nas Figuras 2 e 3.

Oliveira-Filho *et al.* (1989), analisando um gradiente de cerrado sobre solos arenosos na Chapada dos Guimarães – MT, não encontraram diferenças na fertilidade e textura do solo, e as variações da vegetação foram associadas às diferenças no regime de água nos solos e

declividade, devido à topografia e rochiosidade do solo. No presente estudo, a variação da vegetação, analisada em um relevo suavemente ondulado, mostrou correlações positivas com a fertilidade do solo. Esses trabalhos evidenciam o fato de que, dependendo da paisagem estudada, alguns fatores influenciam mais que outros na variação da vegetação, e que tanto a topografia, quanto a drenagem do solo e fertilidade, são importantes fatores a serem levados em consideração nas análises de vegetação.

A CCA revelou uma correlação significativa em todos os eixos ($F=1,717$, $P=0,036$). O primeiro e segundo eixos explicaram 52,7% da variação dos dados (autovalores de 0,455 e 0,273, respectivamente). As variáveis mais correlacionadas com o primeiro eixo de ordenação foram teor de sódio, areia grossa e altitude, e as variáveis mais correlacionadas com o segundo eixo foram teor de ferro, magnésio, argila e acidez potencial (Tabela 3). A acidez potencial possui uma alta correlação com o teor de alumínio ($r = 0,779$, $P = 0,008$) e baixa correlação com o pH ($P = 0,69$). Dessa forma, o diagrama de ordenação mostra uma variação de salinidade e textura no primeiro eixo e de fertilidade e teor de alumínio no segundo eixo (Figuras 3 e 4).

Tabela 3. Valores de correlação das variáveis no primeiro e segundo eixos da Análise de Correspondência Canônica (CCA) para as amostras compostas de solos (0 - 15 cm de profundidade) do cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico no Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí.

Variáveis	Eixo 1	Eixo 2
Na ⁺	-0,8510	-0,1390
Areia grossa	-0,4798	0,1070
Altitude	-0,5027	-0,2121
H+Al	-0,3176	0,7780
Fe ²⁺	-0,3196	0,3619
Mg ²⁺	0,1964	-0,5303
Argila	-0,3970	0,772
Auto-valor	0,455	0,273
Variância cumulativa (%)	33,0	19,7

A distribuição ampla das parcelas pelo diagrama de ordenação (Figura 2), sem a formação de distintos grupos, mostra que elas possuem diferenças nas propriedades das variáveis e na composição de espécies, evidenciando uma alta diversidade beta entre as

parcelas do cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico do PNSC. Esta ampla distribuição das parcelas também indica uma heterogeneidade do ambiente, referente às propriedades do substrato e altitude.

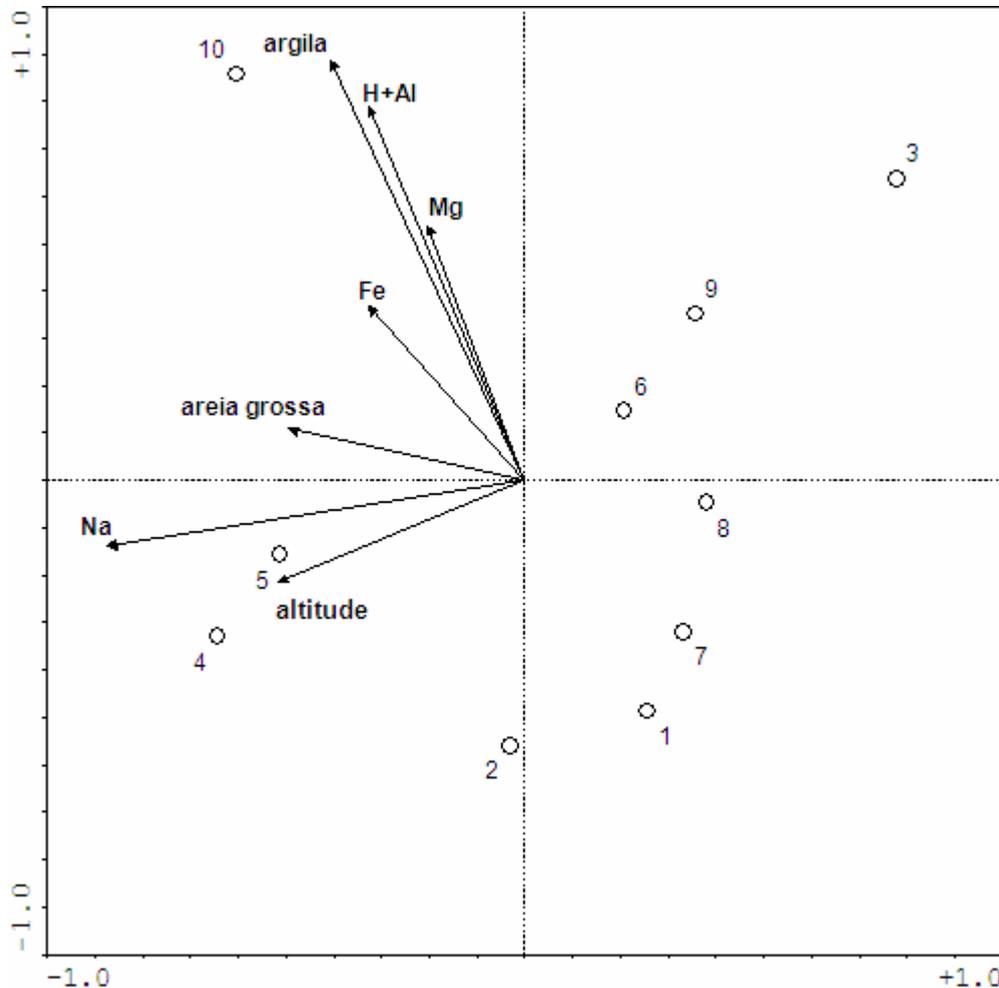


Figura 3. Diagrama de ordenação produzido pela Análise de Correspondência Canônica (CCA) entre as parcelas (indicadas pelos números de 1 a 10) e propriedades do Neossolo Quartzarênico e altitude do cerrado *sensu stricto* no Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí. H+Al: acidez potencial, Mg: magnésio, Fe: ferro, Na: sódio.

As espécies do lado esquerdo do primeiro eixo (Figura 4), vinculadas mais fortemente à argila, areia grossa, acidez, teores de ferro e sódio e altitude, ocorrem predominantemente no cerrado s.s., como *Qualea parviflora*, *Acosmium dasycarpum*, *Simarouba versicolor*, *Copaifera coriacea* e *Terminalia fagifolia* (Felfili *et al.* 2001, Mendonça *et al.* 1998), sendo que *Bowdichia virgilioides*, *Salacia elliptica*, *Plathymenia reticulata*, *Lafoensia vandelliana*, *Psidium myrsinites*, *Qualea grandiflora*, *Salvertia convallariodora*, *Stryphnodendron coriaceum*, *Dimorphandra gardneriana*, *Caryocar coriaceum* e *Oxandra sessilis* são exclusivas de cerrado s.s. (Mendonça *et al.* 1998). No lado direito do eixo de ordenação

(Figura 3), as espécies exclusivas do cerrado s.s. são *Anacardium occidentale* e *Byrsonima crassifolia*, sendo que as demais também ocorrem em formações florestais (Felfili *et al.* 2001, Mendonça *et al.* 1998). Dessa forma, o primeiro eixo da ordenação separou espécies que ocorrem exclusivamente em cerrado s.s. de outras que também ocorrem em formações florestais encontradas no Cerrado (Figura 4).

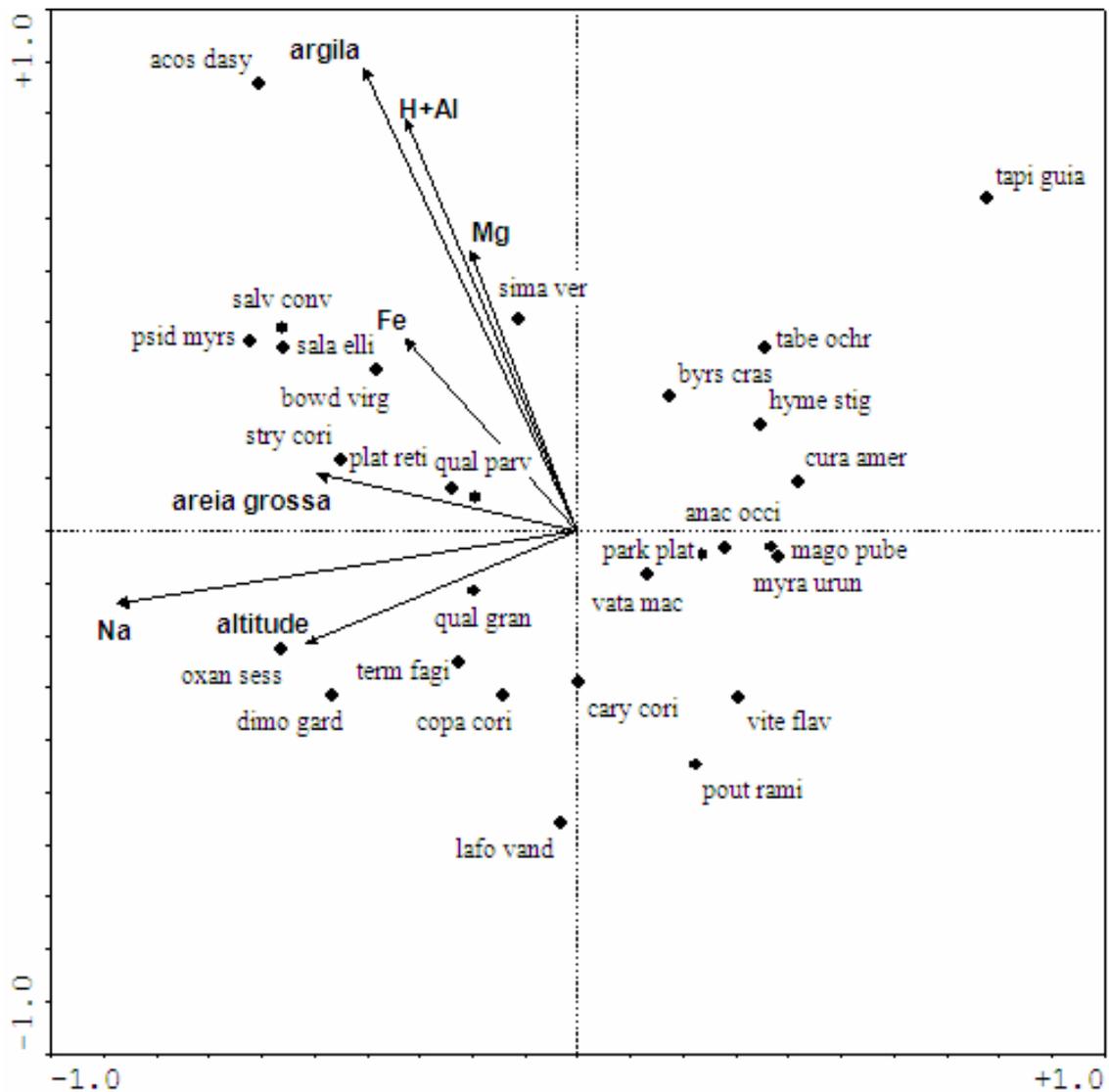


Figura 4. Diagrama de ordenação produzido pela Análise de Correspondência Canônica (CCA), baseado na densidade absoluta de espécies e propriedades do Neossolo Quartzarênico e altitude do cerrado *sensu stricto* do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí. H+Al: acidez potencial, Mg: magnésio, Fe: ferro, Na: sódio. Códigos das espécies referem-se às quatro primeiras letras do binômio da nomenclatura botânica na Tabela 1.

A altitude e teor de sódio podem estar relacionados com ambientes mais secos, pois além da correlação com a areia grossa, que permite uma maior drenagem de água no solo devido à maior quantidade de macroporos, há espécies que ocorrem em mata de galeria

(Mendonça *et al.* 1998, Felfili *et al.* 2001), com correlação negativa com essas variáveis no primeiro eixo (Figura 3). Também possuem correlação negativa com essas variáveis as espécies *Curatella americana*, comumente encontrada em cerrados de baixa altitude (Felfili & Silva Junior 1993), e *Byrsonima crassifolia*, ambas com ocorrência em solos com saturação hídrica (Ratter *et al.* 2003, Oliveira-Filho & Ratter 2002, Marimon & Lima 2001, Oliveira-Filho *et al.* 1989, Furley & Ratter 1988). Em alguns locais do PNSC, foram observadas camadas de rocha sob o solo, que impedem a drenagem do solo, e desta forma, deve propiciar ambientes mais úmidos para a presença de espécies que ocorrem em formações florestais e em solos mal drenados.

As espécies mais correlacionadas com as variáveis sódio e altitude foram *Psidium myrsinites*, *Stryphnodendron coriaceum*, *Salvertia convallariodora*, *Salacia elliptica*, *Dimorphandra gardneriana* e *Oxandra sessilis* (Figura 3). Destas espécies, apenas *Salacia elliptica* ocorre em mata de galeria (Felfili *et al.* 2001, Mendonça *et al.* 1998).

Magonia pubescens e *Myracrodruon urundeuva* ocorreram principalmente nas parcelas com menor altitude (P7, P8 e P9). *Tapirira guianensis* só ocorreu na P3, com 15 indivíduos, onde também houve maior densidade encontrada de *Curatella americana* (39 indivíduos). A ocorrência de vários indivíduos de *Tapirira guianensis* e *Curatella americana* na P3 deve estar relacionada com uma maior umidade no solo, causada por uma menor drenagem devido a possíveis camadas de rochas sob o solo.

O segundo eixo da ordenação mostrou variação relacionada ao alumínio (H+Al), argila e teores de ferro e magnésio (Figura 3 e 4).

As espécies mais correlacionadas com o ferro foram *Psidium myrsinites*, *Salacia elliptica*, *Salvertia convallariodora*, *Simarouba versicolor*, *Byrsonima crassifolia*, *Tabebuia ochracea* e *Bowdichia virgilioides* (Figura 3). Destas espécies, apenas *Simarouba versicolor* e *Tabebuia ochracea* também ocorrem em fisionomias florestais. Dessa forma, o ferro também deve estar correlacionado com ambientes mais secos, assim como a altitude e teor de sódio.

O padrão evidenciado pela CCA, em relação ao gradiente de fertilidade e associação de espécies com ambientes mais secos e úmidos, pode direcionar o manejo para a recuperação de áreas degradadas, tanto dentro do Parque, como na região. As espécies *Psidium myrsinites*, *Stryphnodendron coriaceum*, *Salvertia convallariodora*, *Salacia elliptica*, *Dimorphandra gardneriana* e *Oxandra sessilis* também podem ser utilizadas na recuperação de áreas com solos com caráter solódico.

A CCA mostrou que as variáveis edáficas e altitude analisadas explicaram mais da metade da variação na densidade e composição de espécies entre parcelas. O autovalor obtido

para o primeiro eixo indica uma elevada heterogeneidade ambiental mesmo estando todas as parcelas em condições de solo distrófico, considerando critérios agrícolas para avaliar a fertilidade. Plantas nativas, adaptadas à acidez, toxidez de alumínio e à baixa disponibilidade de nutrientes parecem responder às pequenas diferenças na drenagem, em consequência das diferenças de textura e altitude, e fertilidade, assim como à presença de sódio nas parcelas. Estudos de ecofisiologia em relação aos níveis críticos de nutrientes para plantas nativas, como sódio e manganês, assim como fluxo de água no solo e sua relação com a vegetação poderão elucidar os padrões aqui encontrados.

Para uma maior investigação sobre as relações das variáveis ambientais com a vegetação, especialmente em relação às espécies-chave de solos mesotróficos, como *Myracrodruon urundeuva* e *Magonia pubescens* (Ratter *et al.* 2005), e de ambientes com saturação hídrica, como *Curatella americana*, foi realizada uma CCA com variáveis selecionadas, onde a fertilidade do solo foi analisada através da saturação de bases, saturação por alumínio, porcentagem de sódio trocável e matéria orgânica. Além destas variáveis, foram analisados os teores de fósforo e manganês, que apesar de não participarem de forma significativa na primeira análise, foram adicionados devido à grande quantidade encontrada de fósforo nesses solos, em comparação com o comumente observado no Cerrado e devido à possível influência de deficiência do manganês na densidade e ocorrência das espécies, mostrada pela regressão linear na caracterização do solo. Essa CCA não foi significativa ($P = 0,32$), porém alguns significados ecológicos podem ser extrapolados.

Na Figura 5, observa-se que as espécies foram separadas ao longo do primeiro eixo da mesma forma que na primeira análise de ordenação (Figura 4). A saturação por bases (V), mesmo com uma baixa correlação nos dois eixos de ordenação, mostra uma maior influência sobre as espécies que ocorrem mais comumente ou exclusivamente no cerrado, no lado esquerdo do primeiro eixo de ordenação (Figura 5). As espécies que também ocorrem em ambientes mais férteis, como fisionomias florestais, mostraram-se mais correlacionadas com o fósforo, manganês, saturação por alumínio e pH, no lado direito do primeiro eixo da ordenação (Figura 5). Porém a matéria orgânica, correlacionada com o segundo eixo de ordenação, possuiu maior influência sobre as espécies que ocorrem com maior frequência na fisionomia de cerrado s.s. (Figura 5).

O diagrama de ordenação obtido com as variáveis selecionadas (Figura 5) possuiu características similares com o primeiro diagrama de ordenação (Figura 4), demonstrando um gradiente de fertilidade, salinidade e acidez no solo, além da topografia, com a separação de espécies com ocorrência exclusiva na fisionomia de cerrado s.s., onde há a presença de solos

distróficos e bem drenados, de espécies que também ocorrem em ambientes mais férteis, como fisionomias florestais, e ambientes com menor drenagem.

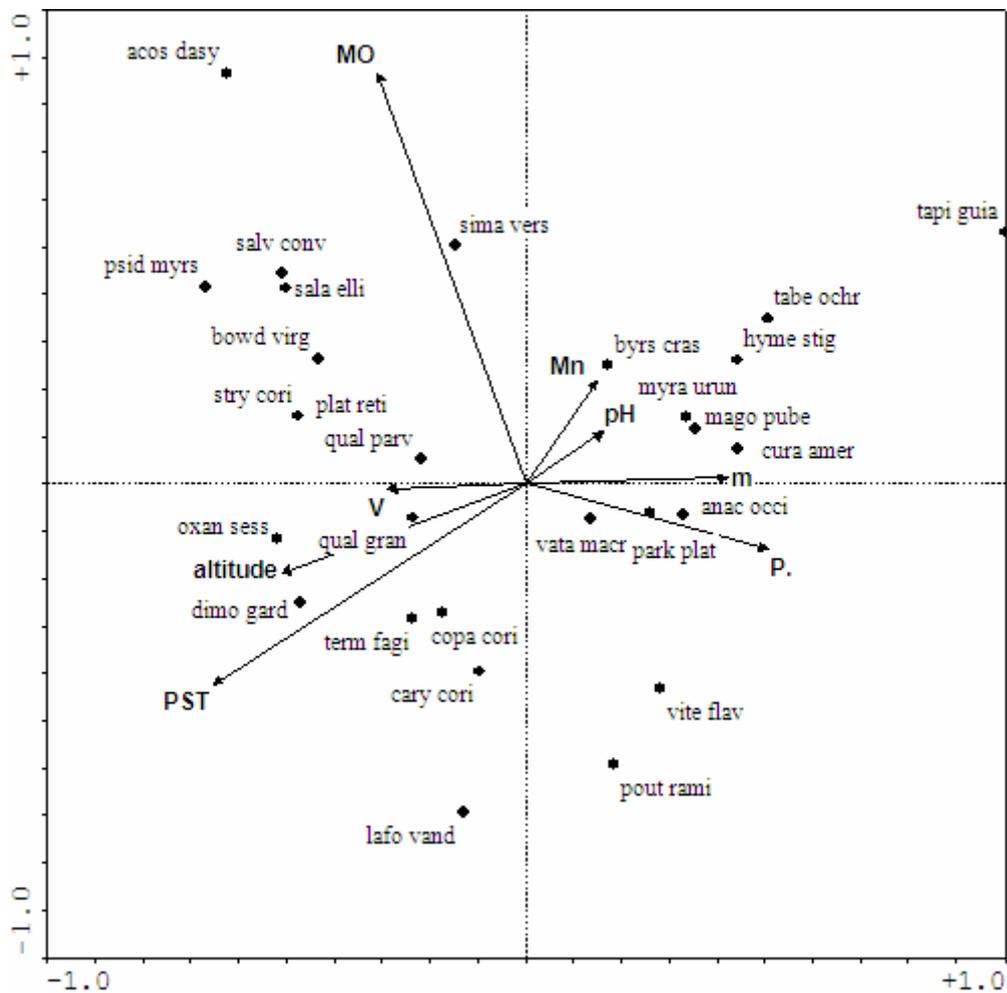


Figura 5. Diagrama de ordenação produzido pela Análise de Correspondência Canônica (CCA), baseado na densidade absoluta de espécies e propriedades selecionadas do Neossolo Quartzarênico e altitude do cerrado *sensu stricto* do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí. MO: matéria orgânica; V: saturação de bases; PST: Porcentagem de Sódio Trocável; Mn: manganês; m: saturação por alumínio; P: fósforo. Códigos das espécies referem-se às quatro primeiras letras do binômio da nomenclatura botânica na Tabela 1.

Conclusão

No PNSC, a vegetação de cerrado *sensu stricto* que ocorre nas manchas de Neossolo Quartzarênico apresenta elevada diversidade beta, em decorrência da variabilidade na vegetação, tanto na composição florística quanto na densidade, associadas à pequenas variações na fertilidade, assim como no teor de salinidade, textura e acidez do solo e altitude.

Os teores de nutrientes e os valores de pH obtidos para os solos do PNSC encontram-se no intervalo comumente observado em solos do cerrado s.s., caracterizando-se como um

solo distrófico e álico. Mesmo assim, verificam-se teores de um modo geral elevados quando comparados a traços comumente encontrados em muitas áreas de cerrado, como no caso do fósforo, cuja média encontrada foi quatro vezes superior aos valores verificados na maioria dos solos sob cerrado s.s., e do ferro, com média de 115,18 mg.L⁻¹, variando de 29,6 a 142,0 mg.L⁻¹. Os teores de sódio foram relativamente elevados, característica pouco abordada em estudos ecológicos no bioma Cerrado, devido à pouca ocorrência deste nutrientes nos solos presentes no bioma. Em relação à deficiência de nutrientes, foi encontrada relação entre o teor de manganês e densidade de plantas nas parcelas, através da análise de regressão, sugerindo que este nutriente deve exercer bastante influência na florística e estrutura da comunidade estudada.

A CCA mostrou que as variáveis edáficas e altitude analisadas explicaram mais da metade da variação na densidade e composição de espécies entre parcelas, e indicou uma elevada heterogeneidade ambiental mesmo estando todas as parcelas em condições de solo distrófico.

Micronutrientes como ferro e sódio tiveram maior correlação com a ocorrência de espécies associadas à vegetação de cerrado em condições mais secas, como *Psidium myrsinites*, *Stryphnodendron coriaceum*, *Salvertia convallariodora*, *Salacia elliptica*, *Dimorphandra gardneriana* e *Oxandra sessilis*. Estas espécies podem ser utilizadas na recuperação de áreas de cerrado com solo com caráter solódico na região, como encontrado em algumas parcelas no PNSC.

É necessário que haja mais estudos verificando a ocorrência e influência do sódio, manganês, fósforo e ferro na vegetação de cerrado s.s. no PNSC, além da drenagem e profundidade do lençol freático, assim como estudos ecofisiológicos sobre níveis críticos de nutrientes para plantas nativas, para verificar se há influência na deficiência ou toxidez de para o estabelecimento de determinadas espécies.

A fragilidade de solos arenosos, como o Neossolo Quartzarênico, com grande propensão a erosão, aliada à possível tendência à sodificação encontrada nos solos do PNSC, mostram que o manejo mais adequado desse tipo de ecossistema é a sua efetiva conservação, com a manutenção da vegetação nativa. Visto que na região do PNSC há extensas áreas de cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico, a sua ampliação é urgente e providencial para a manutenção dos serviços desse ecossistema.

Agradecimentos

Agradecemos à equipe de campo e ao IBAMA e BIOTEN que apoiaram o desenvolvimento da pesquisa no Parque Nacional de Sete Cidades, ao CNPq-PELD e Programa de Pós Graduação em Ecologia – UnB pelo auxílio, EMBRAPA/CPAC pela análise dos solos, ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado, e à equipe do Laboratório de Manejo Florestal do Departamento de Engenharia Florestal pelo apoio.

Referências bibliográficas

- ARAÚJO, F.S., SAMPAIO, E.V.S.B., FIGUEIREDO, M.A., RODAL, M.J.N., FERNANDES, A.G. 1998. Composição florística da vegetação de carrasco, Novo Oriente, CE. *Revista Brasileira de Botânica* 21(2):105-116.
- BRADY, N.C. & WEIL, R.R. 2002. *The nature and properties of soils*. Prentice Hall, New Jersey. 960 p.
- CAMPOS, E.P., DUARTE, T.G., NÉRI, A.V., SILVA, A.F., MEIRA-NETO, J.A.A., VALENTE, G.E. 2006. Composição florística de um trecho de cerradão e cerrado *sensu stricto* e sua relação com o solo na Floresta Nacional (FLONA) de Paraopeba, MG, Brasil. *Revista Árvore* 30 (3):471-479.
- CASTRO, A.A.J.F., CASTRO N.M.C.F., COSTA, J.M., FARIAS, R.R.S., MENDES, M.R.A., ALBINO, R.S., BARROS, J.S., OLIVEIRA, M.E.A. 2007. Cerrados marginais do Nordeste e ecótonos associados. *Revista Brasileira de Biociências* 5(1):273-275.
- CASTRO, A.A.J.F., MARTINS, F.R., FERNANDES, A.G. 1998. The woody flora of cerrado vegetation in the State of Piauí, Northeastern Brazil. *Edinburgh Journal of Botany* 55(3): 455-472.
- CASTRO, A.A.J.F.C. & MARTINS, F.R. Cerrados do Brasil e do Nordeste: Caracterização, área de ocupação e considerações sobre a sua fitodiversidade. *Pesquisa Foco* 7(9): 147 – 178.
- CRC – COOPERATIVE RESEARCH CENTRE FOR SOIL & LAND MANAGEMENT. 1994. Technical Note: Introduction to soil sodicity. University of Adelaide / CSIRO Division of Soils / South Australian Research and Development Institute, p 1- 4.
- DELLA FÁVERA, J.C. 1999. Sete Cidades National Park, Piauí state, Brazil. *In: Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil* (C. Schobbenhaus, D.A. Campos, E.T. Queiroz, M. Winge, M. Berbert-Born, orgs.) <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio025/sitio025.htm>.
- DYE, P.J. & WALKER, B.H. 1980. Vegetation-environment relations on sodic soils of

- Zimbabwe Rhodesia. *Journal of Ecology* (68): 589-606.
- EITEN, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. *Botanical Review* 38: 201-304.
- EMBRAPA. 1997. Manual de métodos de análise de solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro, 212 p.
- EMBRAPA. 1999. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro, 412 p.
- FBPN – FUNDAÇÃO O BOTICÁRIO DE PROTEÇÃO A NATUREZA. 2007. Moção 11: Ampliação do Parque Nacional de Sete Cidades. <http://www.fbpn.org.br>.
- FELFILI, J.M, REZENDE, A.V., SILVA JÚNIOR, M.C. 2007. Biogeografia do Bioma Cerrado: vegetação e solos da Chapada dos Veadeiros. Editora Universidade de Brasília/Finatec, Brasília, 256p.
- FELFILI, J.M. & SILVA JÚNIOR, M.C. 1993. A comparative study of cerrado (*sensu stricto*) vegetation in Central Brazil. *Journal of Tropical Biology* (9): 277-289.
- FELFILI, J.M. & SILVA JÚNIOR, M.C. 2001. Biogeografia do Bioma Cerrado: estudo fitofisionômico na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco. UnB/FT/Departamento de Engenharia Florestal, Brasília, 144p.
- FELFILI, J.M. & SILVA JÚNIOR, M.C. 2005. Diversidade alfa e beta no cerrado *sensu stricto*, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais e Bahia. Pp: 143-154. *In: Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação* (A. Scariot, J.C. Sousa-Silva, J.M. Felfili, orgs.). Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- FELFILI, J.M., MENDONÇA, R.C., WALTER, B.M.T., SILVA JÚNIOR, M.C., NÓBREGA, M.G.G., FAGG, C.W., SEVILHA, A.C., SILVA, M.A. 2001. Flora fanerogâmica das Matas de Galeria e Ciliares do Brasil Central. *In: Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria* (J.F. Ribeiro, C.E.L. Fonseca, J.C. Souza-Silva, J.C., orgs.). Embrapa Cerrados, Planaltina, p: 195-263
- FELFILI, J.M., SILVA JÚNIOR, M.C., SEVILHA, A.C., FAGG, C.W., WALTER, B.M.T.W., NOGUEIRA, P.E, REZENDE, A.V. 2004. Diversity, floristic and structural patterns of cerrado vegetation in Central Brazil. *Plant Ecology* 175: 37-46.
- FELFILI, M.C & FELFILI, J.M. 2001. Diversidade alfa e beta no cerrado *sensu stricto* da Chapada Pratinha, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 15(2): 243-254.
- FERREIRA, J.N., BUSTAMANTE, M., GARCIA-MONTIEL, D.C., CAYLOR, K.K., DAVIDSON, E.A. 2007. Spatial variation in vegetation structure coupled to plant available water determined by two-dimensional soil resistivity profiling in a Brazilian savanna. *Oecologia* (153): 417-430.

- FILHO F.L.B, GUERRA H.O.C., GHEYI H.R. 2003. Condutividade hidráulica en un suelo aluvial en respuesta al porcentaje de sodio intercambiable. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 7(2): 403-407.
- FREIRE, M.B.G.S., RUIZ, H.A., RIBEIRO, M.R., FERREIRA, P.A., ALVAREZ V., VÍCTOR H., FREIRE, F.J. 2003. Estimation of sodification risks of Pernambuco soils in response to saline waters. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 17(2): 227-232.
- FURLEY, P.A & RATTER, J.A. 1988. Soil resources and plant communities of the central Brazilian cerrado and their development. *Journal of Biogeography* 15(1): 97-108.
- GHADIRI, H., HUSSEIN, J., ROSE, C.W. 2007. A study of the interactions between salinity, soil erosion, and pollutant transport on three Queensland soils. *Australian Journal of Soil Research* 45: 404-413.
- GOEDERT, W.J. 1987. Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. Nobel/EMBRAPA-CPAC, São Paulo / Brasília, 422 p.
- GOODLAND, R. & FERRI, M.G. 1979. *Ecologia do Cerrado*. Ed. Itatiaia, belo Horizonte, 193 p.
- GOODLAND, R. & POLLARD, R. 1973. The Brazilian cerrado vegetation: a fertility gradient. *The Journal of Ecology* 61(1): 219-224.
- GOODLAND, R. 1971. A physiognomic analysis of the “cerrado” vegetation of Central Brasil. *The Journal of Ecology* 59(2): 411-419.
- HARIDASAN, M. 1987. Distribution and mineral nutrition of aluminium accumulating species in different plant communities of the cerrado region of central Brazil. *In: La capacidad bioreproductiva de sabanas* (J.J. Sanjos, R. Montes, eds). I.V.I.C., Caracas, p. 309-348.
- HARIDASAN, M. 1992. Observation on soils, foliar nutrients concentrations, and floristic, composition of cerrado and cerradão communities in central Brasil. *In: The nature and dynamics of forest-savanna boundaries* (J. Proctor, J.A. Ratter, P.A. Furley, orgs). Chapman & Hall, London, p. 174-184.
- HARIDASAN, M. 2001. Solos. *In: Biogeografia do bioma cerrado: estudo fitofisionômico na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco* (J.M. Felfili & M.C. Silva Júnior, orgs). UnB/FT/Departamento de Engenharia Florestal, Brasília, p. 12-17.
- HARIDASAN, M. 2007. Solos. *In: Biogeografia do Bioma Cerrado: vegetação e solos da Chapada dos Veadeiros* (J.M. Felfili, A.V. Rezende, M.C. Silva Júnior, orgs). Editora Universidade de Brasília/Finatec, Brasília, p. 25-43.

- IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2005. Plano operativo de prevenção e combate aos incêndios do Parque Nacional de Sete Cidades – PI. MMA / Ibama/ PrevFogo, Piracuruca, 16p.
- IBDF - Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. 1979. Plano de Manejo: Parque Nacional de Sete Cidades. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - M.A/Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza (FBCN), Brasília, 61p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2006. Produção agrícola municipal / Produtos de extração vegetal e silvicultural. Rio de Janeiro, IBGE.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2007. Manual Técnico de Pedologia. IBGE, Rio de Janeiro, 316 p.
- LATHWELL, D. J. & GROVE, T. L. 1986. Soil – plant relationships in the tropics. Annual Review of Ecology and Systematics 17: 1-16.
- LEPS, J. & SMILAUER, P. 2003. Multivariate analysis of ecological data using CANOCO. University of Canbridge, United Kingdom, 266 p.
- LINDOSO, G.S & FELFILI, J.M. 2007. Características florísticas e estruturais de Cerrado *sensu stricto* em Neossolo Quartzarênico. Revista Brasileira de Biociências 5(2):102-104.
- LINDOSO, G.S, FELFILI, J.M, CASTRO, A.A.J.F. 2007. Diversidade alfa e beta de cerrados sobre Neossolos Quartzarênicos em três parques nacionais brasileiros. In: Anais Trabalhos Técnicos V Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação. FBPN, Foz do Iguaçu.
- LOPES, A.S. 1983. Solos sob “cerrado”: características, propriedades e manejo. Instituto de Potassa & Fosfato, Instituto da Potassa, Piracicaba, 162 p.
- LU, S.G., TANG, C., RENGEL, Z. 2004. Combined effects of waterlogging and salinity on electrochemistry, water-soluble cations and water dispersible clay in soils with various salinity level. Plant and Soil 264: 231-245.
- LUZ, M.J.S., FERREIRA, G.B., BEZERRA, J.R.C. 2002. Adubação e correção do solo: procedimentos a serem adotados em função dos resultados da análise do solo. Embrapa Circular Técnica 63. Embrapa, Ministério de Agricultura e Abastecimento, Campina Grande.
- MARIMON, B.S. & LIMA, E.S. 2001. Caracterização fitofisionômica e levantamento florístico preliminar no Pantanal dos Rios Mortes-Araguaia, Cocalinho, Mato Grosso, Brasil. Acta Botanica Brasilica 15(2): 213-229.
- MARIMON, B.S., FELFILI, J.M., HARIDASAN, M. 2001. Studies in monodominant forests in Eastern Mato Grosso, Brazil: I. A forest of *Brosimum rubescens* Taub. Edinburgh Journal of Botany 58(1): 123 – 137.

- MARIMON-JUNIOR, B.H. & HARIDASAN, M. 2005. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerrado e um cerrado *sensu stricto* em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 19(4): 913-926.
- MENDONÇA, R.C., FELFILI, J.M. WALTER, B.M.T., SILVA JÚNIOR, M.C., REZENDE, A.V., FILGUEIRAS, T.S., ERNANI, P.N. 1998. Flora vascular do Cerrado. *In: Cerrado: Ambiente e Flora* (S.M. Sano, S.P. Almeida, S.P., orgs.). Embrapa Cerrados, Planaltina, p. 289-556.
- NETTO, A.O.A., GOMES, C.C.S., LINS, C.C.V., BARROS, A.C., CAMPECHE, L.F.S.M., BLANCO, F.F. 2007. Características químicas e salino-sodicidade dos solos do Perímetro Irrigado Califórnia, SE, Brasil. *Ciência Rural* 37(6): 1640-1645.
- NOGUEIRA, A.R.A. & SOUZA, G.B. 2005. Manual de laboratórios: Solo, Água, Nutrição Animal e Alimentos. Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, 313 p.
- OLIVEIRA, M.E.A., MARTINS, F.R., CASTRO, A.A.J.F., SANTOS, J.R. 2007. Classes de cobertura vegetal do Parque Nacional de Sete Cidades (transição campo-floresta) utilizando imagens TM/Landsat, NE do Brasil. *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. INPE, Florianópolis, p. 1775-1783.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T. & RATTER, J.A. 2002. Vegetation Physiognomies and Woody Flora of Cerrado Biome. *In: The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a Neotropical Savanna* (P.S. Oliveira & R.J. Marquis, orgs.). Columbia University Press, New York, p: 91-120.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T., SHEPHERD, G.J., MARTINS, F.R., STUBBLEBINE, W.H. 1989. Environmental factors affecting physiognomics and floristic variation in an area of cerrado in central Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 5: 413-431.
- RATTER, J.A. & DARGIE, T.C.D. 1992. An analysis of the floristic composition of 26 cerrado areas in Brazil. *Edinburgh Journal of Botany* 49(2): 235-250.
- RATTER, J.A., BRIDGEWATER, S., RIBEIRO, J.F. 2003. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: Comparison of the wood vegetation of 376 areas. *Edinburgh Journal of Botany* 60: 57-109.
- RATTER, J.A., BRIDGEWATER, S., RIBEIRO, J.F. 2005. Biodiversity patterns of the woody vegetation of the Brazilian Cerrados. *In: Neotropical Savannas and dry forests: Diversity, Biogeography and Conservation* (R.T. Pennington, G.P. Lewis, J.A. Ratter , org). p.31-58.

- RATTER, J.A., RIBEIRO, J.F., BRIDGEWATER, S. 1997. The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Annals of Botany* 80: 223-230.
- REATTO, A. & MARTINS, E.S. 2005. Classes de solo em relação aos controles da paisagem do bioma Cerrado. *In: Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação* (A. Scariot, J.C. Souza-Silva, J.M. Felfili, orgs.). Ministério do Meio Ambiente, Brasília, p.49-59.
- REATTO, A., CORREIA, J.R. & SPERA, S.T. 1998. Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos. *In: Cerrado: ambiente e flora* (S.M. Sano, & S.P. Almeida, orgs.). Embrapa Cerrados, Planaltina, p. 47-86.
- RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do bioma Cerrado. *In: Sano, S.M., Almeida, S.P.(orgs.). Cerrado: Ambiente e Flora*(S.M. Sano, & S.P. Almeida, orgs.). Embrapa Cerrados, Planaltina, p: 89 – 168.
- RODAL, M.J.N., LINS E SILVA, A.C.B., PESSOA, L.M., CAVALCANTI, A.D.C. 2005. Vegetação e flora fanerogâmica da área de Betânia, Pernambuco. *In: Análise das variações da biodiversidade do bioma Caatinga: suporte a estratégias regionais de conservação* (F.S. Araújo, M.J.N. Rodal, M.R.V. Barbosa, orgs). Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 139-166.
- RUGGIERO, P.G.C., BATALHA, M.A., PIVELLO, V.R., MEIRELLES, S.T. 2002. Soil-vegetation relationships in cerrado (Brazilian savanna) and semideciduous forest, Southeastern Brazil. *Plant Ecology* 160:1-16.
- SILVA, E.G, JUNIOR, R.N.A., SOUZA, J.I.G. 2005. Efeitos da qualidade da água de irrigação sobre atributos hídricos de um Neossolo. *Revista Brasileira de Ciências do Solo* 29: 389-396.
- SILVA, J.F.; FARIÑAS, M.R.; FELFILI, J.M.; KLINK, C.A. 2006. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. *Journal of Biogeography* 33: 536-548.
- SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E. 2004. Cerrado correção do solo e adubação. Embrapa Informações Tecnológicas, Brasília, 416p.
- SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E. 2005. Areias Quartzosas / Neossolo Quartzarênico. www.embrapa.com.br.
- TER BRAAK, C.J.F. & SMILAUER, P. 1999. Canoco for Windows version 4.02. Centre for Biometry Wageningen, Wageningen.
- TER BRAAK, C.J.F. 1986. Canonical Correspondence Analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67(5):1167-1179.
- WALKLEY, A. & BLACK, I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for

determining soil organic matter and a proposed modification of the chronic
tritration method. Soil Science 37: 29-38.

ANEXO 1

Tabela. Famílias e espécies lenhosas amostradas no levantamento fitossociológico em cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico no Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí.

Família	Espécie
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i> L. <i>Tapirira guianensis</i> Aubl. <i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão
Annonaceae	<i>Annona coriacea</i> Mart. <i>Oxandra sessiliflora</i> R.E.Fr.
Apocynaceae	<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart. <i>Aspidosperma discolor</i> A. DC. <i>Himatanthus drasticus</i> (Mart.) Plumel
Bignoniaceae	<i>Cybistax antisyphilitica</i> (Mart.) Mart. <i>Jacaranda brasiliana</i> (Lam.) Pers. <i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore <i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl. <i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) G.Nicholson
Caryocaraceae	<i>Caryocar coriaceum</i> Wittm.
Combretaceae	<i>Buchenavia tetraphylla</i> (Aubl.) R.Howard <i>Terminalia fagifolia</i> Mart.
Dilleniaceae	<i>Curatella americana</i> L.
Fabaceae	<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovlev <i>Andira cordata</i> Arroyo ex R.T.Penn. & H.C.Lima <i>Andira cuyabensis</i> Benth. <i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth <i>Copaifera coriacea</i> Mart. <i>Dimorphandra gardneriana</i> Tul. <i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne <i>Parkia platycephala</i> Benth. <i>Plathymenia reticulata</i> Benth. <i>Sclerolobium paniculatum</i> Vogel <i>Stryphnodendron coriaceum</i> Benth. <i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke
Flacourtiaceae	<i>Casearia grandiflora</i> Cambess.
Hippocrateaceae	<i>Salacia elliptica</i> (Mart. ex Schult.) G. Don
Lythraceae	<i>Lafoensia vandelliana</i> Cham. & Schltld.
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth
Myrtaceae	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC. <i>Psidium myrsinites</i> Mart. Ex DC.
Ochnaceae	<i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Baill.
Opiliaceae	<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook. f.
Rubiaceae	<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltld.) K. Schum. subsp. <i>tomentosa</i> Gardner ex A.L.Prado
Sapindaceae	<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.
Sapotaceae	<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.
Simaroubaceae	<i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil.
Verbenaceae	<i>Vitex flavens</i> Kunth
Vochysiaceae	<i>Qualea grandiflora</i> Mart. <i>Qualea parviflora</i> Mart. <i>Salvertia convallariodora</i> A.St.-Hil.

Diversidade e estrutura do cerrado *sensu stricto* sobre areia (Neossolo Quartzarênico) na Chapada Grande Meridional, Piauí¹

RESUMO

(Diversidade e estrutura do cerrado *sensu stricto* sobre areia (Neossolo Quartzarênico) na Chapada Grande Meridional – PI). O cerrado *sensu stricto* (s.s.) localizado na Chapada Grande Meridional, no Piauí, ocorre em manchas e, aliado à sua posição ecotonal, espera-se encontrar elevada diversidade beta na vegetação lenhosa, enquanto a expectativa para a diversidade alfa é de que seja mais baixa do que aquela encontrada na região central do bioma. O presente trabalho objetivou estudar a estrutura e diversidade do cerrado sobre Neossolo Quartzarênico na região, nos municípios de Arraial e Regeneração. Em dez parcelas de 20 x 50 m, distribuídas nas manchas de cerrado sobre Neossolo, foram amostrados os indivíduos a partir de 5 cm de diâmetro a 30 cm do solo. Foram encontradas 48 espécies (duas subespécies) e 26 famílias botânicas, com densidade de 930 indiv.ha⁻¹ e área basal de 12,84 m².ha⁻¹. Foram amostradas espécies típicas dos cerrados do Nordeste (como *Copaifera coriacea*, *Stryphnodendron coriaceum*, *Parkia platycephala*, *Himatanthus drasticus*, entre outras), espécies de ampla distribuição (como espécies do gênero *Qualea* e *Sclerolobium paniculatum*) e que ocorrem na Caatinga (*Cochlospermum regium*, *Luetzelburgia auriculata* e *Cenostigma gardnerianum*). A diversidade alfa (índice de Shannon H'=2,75 nats.ind⁻¹ e equabilidade de Pielou J=0,70) foi baixa, devido ao grande número de indivíduos de *Qualea grandiflora* (30,11%) e *Parkia platycephala* (12,37%). A diversidade beta foi alta na comparação entre parcelas considerando a densidade, mas em geral baixa, considerando a presença e ausência de espécies, indicando a ocorrência de uma flora comum com densidades variando entre as parcelas, provavelmente devido à heterogeneidade ambiental da região. Os limites superiores de altura (até 22 m) indicam padrão estrutural para os cerrados do Nordeste, que possuem árvores mais altas do que as do Planalto Central.

Palavras chaves: fitossociologia, ecótono, cerrado marginal, savanas, extrativismo.

¹ Artigo a ser submetido para a Revista Acta Botanica Brasílica

Introdução

O bioma Cerrado estende-se pelo Brasil Central em uma diagonal entre o litoral nordeste a leste e o chaco a oeste (IBGE 2006 a), cobrindo cerca de 2,5 milhões km². Ocorre em altitudes que variam de cerca de 8 m, a exemplo dos cerrados do Litoral e do Nordeste (Castro & Martins 1999), a mais de 1650 m, na Chapada dos Veadeiros, em Goiás (Felfili *et al.* 2007).

A diversidade ecológica e ambiental do bioma Cerrado foi mapeada por Silva *et al.* (2006), com a definição de duas escalas através de análises de agrupamento: unidades de paisagens e unidades ecológicas. Em ambas as escalas de análise, a principal característica foi a heterogeneidade da região, pois as unidades estudadas ocorrem de maneira fragmentada, ao invés de em um contínuo geográfico. As Unidades de Paisagens foram definidas de acordo com a geomorfologia e vegetação predominante, enquanto as Unidades Ecológicas nelas contidas foram definidas como áreas com características dominantes em termos de fisionomia e fenologia da vegetação, topografia e drenagem. A Unidade Ecológica onde se inserem os cerrados do Meio-Norte (Piauí e Maranhão), desde o sul destes estados até a região central, é caracterizada pela presença de planaltos com altitudes entre 600 a 700 m s.n.m, cobertas em sua maior parte, por floresta seca e vegetação arbustiva, com aproximadamente 142.000 km² em dois principais blocos.

Outra Unidade Ecológica expressiva para os cerrados marginais do Nordeste, obtida por Silva *et al.* (2006), encontra-se na interface entre a vegetação de cerrado e caatinga e compreende a Chapada do Espigão Mestre do São Francisco, cujo bloco se estende do norte de Minas Gerais até o sul do Piauí e Tocantins, passando pelo Oeste da Bahia. Esta Unidade Ecológica é caracterizada por possuir planaltos que variam de 300 a 800 m s.n.m, com mosaico de campos a cerrado *sensu stricto* (s.s.), sendo ocasionalmente encontrado cerradão. Nessa região, no âmbito do Projeto Biogeografia do Bioma Cerrado, foram realizadas amostragens padronizadas de cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico em quatro áreas na Bahia e Minas Gerais, incluindo o Parque Nacional Grande Sertão Veredas (Mendonça *et al.* 2000; Felfili & Silva-Júnior 1993, 2001, 2005; Felfili *et al.* 2004 a).

A vegetação do Cerrado cobre aproximadamente 33% do Estado do Piauí (Oliveira *et al.* 1997, Castro *et al.* 1998) e junto com os cerrados do Maranhão, ocupam cerca de 14% da região Nordeste (Castro *et al.* 2007). Alguns autores (Castro *et al.* 1998; Castro & Martins 1999) têm ressaltado a necessidade de estudos sobre a composição florística e estrutura da vegetação do Cerrado do Meio-Norte, cuja flora encontrada é bastante diversificada, tem alto grau de endemismo e é pouco conhecida (Castro *et al.* 1999).

No Piauí, Farias & Castro (2004) estudaram a fitossociologia em duas áreas de vegetação de transição em Campo Maior, Ribeiro & Tabarelli (2002) compararam o gradiente de três fisionomias de cerrado s.s. e uma de cerradão, próximo a Teresina e Costa *et al.* (2007) realizaram um levantamento florístico para a criação da Reserva Extrativista do Cerrado da Chapada Grande Meridional. No Maranhão, Aquino *et al.* (2007 a) estudaram a dinâmica da comunidade lenhosa de dois fragmentos de cerrado s.s., em um período de sete anos, localizados no município de Balsas e baseados nesse trabalho, estudaram a dinâmica de populações de algumas espécies de cerrado (Aquino *et al.* 2007 b). Imaña-Encinas & De Paula (2003) analisaram a estrutura da comunidade em três áreas de cerrado s.s. no município de Santa Quitéria - MA. Nesses trabalhos, a riqueza encontrada variou de 44, em Campo Maior (Farias & Castro 2004), a 77 espécies (Ribeiro & Tabarelli 2002), o índice de Shannon variou de 3,09 nat.indiv⁻¹ (Farias & Castro 2004) a 3,35 nat.indiv⁻¹ (Aquino *et al.* 2007 a), densidade variou de 1057 indiv.ha⁻¹ (Aquino *et al.* 2007 a) a 2799 indiv.ha⁻¹ (Farias & Castro 2004), e a área basal variou de 6,40 m².ha⁻¹ (Imaña-Encinas & De Paula 2003) a 38,22 m².ha⁻¹ (Farias & Castro 2004), ressaltando que métodos de amostragens diferentes foram utilizados em cada trabalho.

Além de fatores comumente abordados na distribuição de plantas no cerrado s.s., como variações edáficas, topografia e regime de fogo (Furley & Ratter 1988, Oliveira-Filho *et al.* 1989; Felfili & Silva Júnior 1993, Ribeiro & Walter 1998), os cerrados encontrados na região Nordeste também devem ser influenciados pela criação extensiva de caprinos, que é uma das principais atividades econômicas da região, sendo desenvolvida em todos os municípios do Piauí, principalmente por pequenos criadores (Sagrilo *et al.* 2003). Leal *et al.* (2003) sugerem que a desertificação, além de impactos sobre o fluxo de energia e ciclagem de nutrientes no ecossistema, são associados a essa atividade. Na Caatinga, os caprinos utilizam partes da maioria das espécies, sendo um importante herbívoro para a região. Como consequência, os caprinos constituem importante fator para a seleção natural das plantas, capazes de influenciar a abundância e distribuição das espécies (Leal *et al.* 2003).

De acordo com Castro & Martins (1999), o padrão florístico do bioma Cerrado é latitudinal, devido à amplitude dos cerrados no Brasil, que se distribuem ao longo de 20° (-4° a 24°), variando de 0 a 1200 m. Dessa forma, os cerrados do Litoral e do Nordeste correspondem aos cerrados de baixa altitude (0 a 500 m).

A heterogeneidade de habitats no bioma Cerrado proporciona aos indivíduos lenhosos uma distribuição desigual em forma de mosaicos, devido à diferença de densidades das espécies, onde há muitas espécies com baixa densidade e poucas espécies com elevada

densidade, em diferentes locais, promovendo elevada diversidade beta para o bioma (Ratter & Dargie 1992; Castro *et al.* 1998; Felfili & Felfili 2001; Felfili & Silva Júnior 1993, 2001, 2005; Ratter *et al.* 2003, 2005; Bridgewater *et al.* 2004; Felfili *et al.* 2004 a, 2007). É muito importante que essa característica do bioma seja considerada no planejamento e gestão de uso dos solos, especialmente em relação à criação e manejo de unidades de conservação. Este padrão de distribuição das plantas lenhosas no bioma Cerrado adquire fundamental importância em estudos realizados em fragmentos decorrentes do uso do solo e em áreas com impactos antrópicos, pois podem alterar esse padrão de distribuição, onde as espécies raras desaparecem, tornando a vegetação mais homogênea, caracterizada pelas espécies com maior abundância e/ou área basal.

De uma maneira geral, os cerrados apresentam gradiente decrescente de densidade do sul para o nordeste passando pelo Planalto Central, e as similaridades florísticas são baixas, ou seja, com elevada diversidade beta, como observado por Lindoso & Felfili (2007) na comparação de cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico das áreas da Chapada dos Veadeiros, em Goiás, e Chapada do Espigão Mestre do São Francisco, na Bahia e Minas Gerais, com Brotas e Patrocínio Paulista, no Estado de São Paulo.

O presente trabalho parte da premissa que, devido à ocorrência do cerrado s.s. em manchas sobre Neossolo Quartzarênico na Chapada Grande Meridional, no Piauí, em uma região ecotonal, essa fisionomia apresenta elevada diversidade beta devido às variações florísticas entre as manchas, que são circundadas por diferentes fisionomias ou por entorno com uso antrópico, porém, espera-se encontrar uma riqueza menor do que a encontrada na região *core* do cerrado.

O objetivo deste trabalho foi analisar a florística, estrutura e diversidade do cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico na Chapada Grande Meridional do Piauí, nos municípios de Arraial e Regeneração, com vistas a subsidiar a proteção e manejo da vegetação na região.

Materiais e Métodos

Área de Estudo

A Chapada Grande Meridional localiza-se na região central do Piauí, entre as coordenadas 06°34'- 45' S e 42°07'-18' W, na altura setentrional do Rio Parnaíba (Fig. 1), compreende ao norte, os municípios Elesbão Veloso, Regeneração e Francinópolis e ao sul, os municípios de Tanque do Piauí, Várzea Grande, Arraial, Francisco Ayres, Cajazeiras do Piauí

e Santa Rosa do Piauí (Costa *et al.* 2007). Esta região possui uma proposta para a criação da Reserva Extrativista do Cerrado da Chapada Grande Meridional (Costa *et al.* 2007).

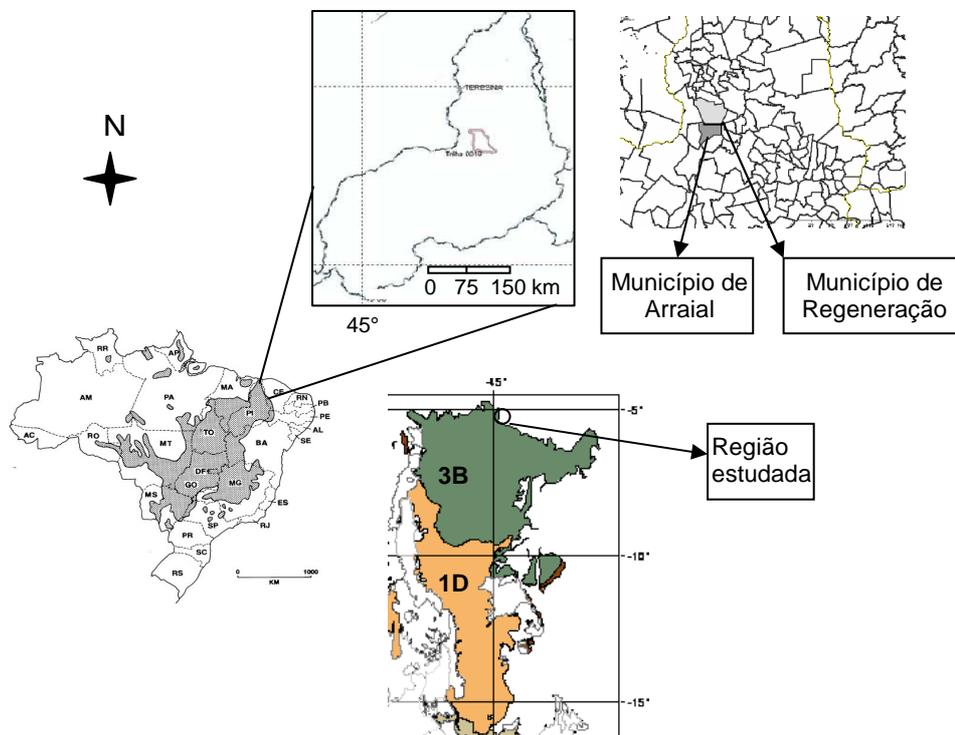


Figura 1. Localização da Chapada Grande Meridional, no bioma Cerrado, e dos municípios de Arraial e Regeneração, Piauí. 3B: Unidade Ecológica onde se encontra a Chapada Grande Meridional; 1D: Unidade Ecológica onde se encontra a Chapada do Espigão Mestre do São Francisco (Fontes: Ratter *et al.* 1997, Silva *et al.* 2006, Costa *et al.* 2007, modificados).

Na Chapada Grande Meridional, há a ocorrência de cerrado *s.s.* sobre Neossolo Quartzarênico nos municípios de Arraial e Regeneração, encontrado em manchas, circundada por outros tipos de solos e fisionomias e fragmentadas pelo uso da terra. Nessas manchas, frequentemente são encontrados vestígios de fogo, corte seletivo e predação por caprinos.

Os municípios de Arraial e Regeneração encontram-se na microrregião do Médio Parnaíba Piauiense. Arraial possui uma área de 655 km², entre as coordenadas 06°39'18" S e 42°31'55" W, a uma altitude média de 338 m s.n.m (Aguiar & Gomes 2004 a). A agricultura praticada no município é de subsistência com produção sazonal de feijão, arroz, mandioca e milho (IBGE 2006 b). O município de Regeneração possui uma área de 1266 km², entre as coordenadas 06°14'16" S e 42°41'18" W, com altitude média de 164 m (Aguiar & Gomes 2004 b). A agricultura praticada no município é baseada na produção sazonal de arroz, cana-de-açúcar, fava, feijão, mandioca e milho (IBGE 2006 b).

O clima na Chapada Grande Meridional é Tropical, tipo Aw segundo a classificação climática de Köppen. De acordo com as normais climatológicas disponíveis no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), os municípios de Arraial e Regeneração apresentam temperaturas entre 24°C e 34°C, a precipitação média anual é de 900 a 1200 mm, com cerca de cinco meses como os mais chuvosos, e o período restante do ano de estação seca.

A paisagem compreende chapadas baixas com relevo plano com partes suavemente onduladas e altitudes variando de 150 a 300 m, e chapadas altas, com relevo plano e altitudes entre 400 a 500 m (Aguiar & Gomes 2004 a,b).

Os solos da região são provenientes da alteração de arenitos, siltitos, folhelhos, calcários, basaltos, laterita e gabros, variando entre solos podzólicos com manchas de Neossolo Quartzarênico e Latossolo. Os municípios apresentam formações de cerrado *sensu stricto*, caatinga, veredas, matas de galeria (Aguiar & Gomes 2004 a,b) e babaçuais.

O Neossolo Quartzarênico é caracterizado por ser profundo, bem-drenado, arenoso (com mais de 90% de areia), ácido, possuir baixa fertilidade, pouca diferenciação em perfis e alta saturação de alumínio (Furley & Ratter 1988). No Cerrado, a ocorrência de Neossolo Quartzarênico está relacionado a depósitos arenosos de cobertura, normalmente em relevo plano ou suave-ondulado, pois não permanece estável em relevo mais movimentado (Souza & Lobato 2005). É um solo com grande susceptibilidade à erosão, principalmente com a remoção da vegetação (Reatto *et al.* 1998, Haridasan 2001, Souza & Lobato 2005).

Amostragem

Para a realização do levantamento fitossociológico, foram identificadas as manchas de cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico através de levantamento exploratório em campo. Foram alocadas e georreferenciadas dez parcelas de 20 m x 50 m, ao longo das manchas que apresentaram diferentes tamanhos e são intercaladas com outros tipos de solo, localizando-se entre as coordenadas 06°26'02" - 36'51" S e 42°26'23" - 31'56" W (Fig. 2).

As plantas lenhosas com diâmetro igual ou maior a 5 cm, a 30 cm do solo, foram identificadas, coletadas caso houvesse dúvidas na identificação ou estivessem férteis, para identificação e posterior depósitos nos herbários UB e IBGE. Estas tiveram medidos as alturas e diâmetros conforme a metodologia que tem sido utilizada em diversos levantamentos no âmbito do Projeto Biogeografia do Bioma Cerrado (Felfili & Silva Junior 1993, 2001; Felfili *et al.* 1997, 2007; Felfili & Felfili 2001; Felfili & Rezende 2003). Em todas as parcelas foram coletadas, a 15 cm de profundidade, uma amostra simples de solo em cada sub-parcela de 10

m x 20 m, totalizando cinco amostras simples para formar uma amostra composta em cada parcela.

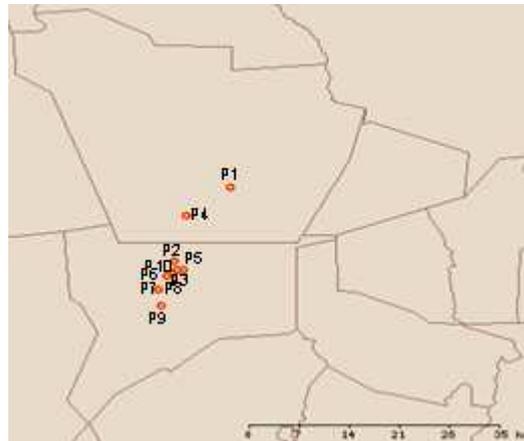


Figura 2. Localização das parcelas amostradas (P1 a P10) no cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico nos municípios de Regeneração e Arraial, Chapada Grande Meridional, Piauí.

A classificação das espécies e famílias foi realizada de acordo com o sistema de classificação APG II (2003).

Para o estudo da estrutura comunitária foram feitas análises de densidade, frequência e dominância absolutas e relativas, e calculados o valor de importância (Mueller-Dombois & Ellenberg 2002) e índices de diversidade de Shannon (H') e de equabilidade de Pielou (J) (Magurran 1988). Para o cálculo da densidade e área basal, foram considerados todos os troncos mensurados e, para o cálculo dos índices de diversidade, os troncos bifurcados abaixo do ponto de medição do diâmetro foram considerados como apenas um indivíduo.

Realizou-se análise da distribuição dos diâmetros e alturas dos indivíduos amostrados em cada comunidade, sendo que as classes de altura tiveram intervalo de 1 m e as classes de diâmetro intervalo de 4 cm, baseada na fórmula de Spiegel para o cálculo dos intervalos das classes, conform Felfili & Rezende (2003).

Para a verificação da diversidade beta foi calculada a similaridade entre as parcelas através dos índices de similaridade de Sørensen (qualitativo) e Czekanowski (quantitativo) e as parcelas foram comparadas e classificadas pelo método TWINSpan - *Two Way Indicator Species Analysis* (com o uso da densidade nos níveis de corte de 0, 2, 5 e 10), através do programa PC-ORD (McCune & Mefford 1997). Para interpretar a diversidade beta considerou-se que as áreas com elevada similaridade ou próximas no eixo de ordenação, apresentam baixa diversidade beta e vice-versa (Felfili *et al.* 2004 a).

Resultados e Discussão

Foram mensurados 930 troncos, distribuídos em 48 espécies (duas variedades), 45 gêneros e 26 famílias botânicas (Tab. 1). O índice de diversidade de Shannon obtido para esta comunidade foi $2,75 \text{ nats.ind}^{-1}$. O valor de equabilidade foi 0,70. O valor de diversidade alfa obtido para o cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico na Chapada Grande Meridional encontra-se abaixo do intervalo de 3,0 a $3,73 \text{ nats.ind}^{-1}$, obtidos em amostras de um hectare, compostas por parcelas disjuntas para 15 localidades estudadas com metodologia similar no Brasil Central nos estados de Goiás, Bahia, Minas Gerais e no Distrito Federal (Felfili & Silva Junior 1993, 2001; Felfili *et al.* 2004 a, 2007). Este valor também foi inferior aos obtidos por Farias & Castro (2004) em duas áreas de cerrado s.s. em Campo Maior - PI (3,20 e 3,09) e aos obtidos por Aquino *et al.* (2007 a) em duas áreas de cerrado s.s. em Balsas – MA (3,11 e 3,35). O índice de equabilidade de Pielou foi também abaixo do obtido para as áreas de cerrado s.s. encontrados no Brasil Central, que variaram entre 0,75 a 0,88 (Felfili *et al.* 2004 a). Ou seja, na Chapada Grande Meridional há concentração de indivíduos em poucas espécies, pois quanto mais alto o valor do índice de equabilidade, mais homogênea é a distribuição dos indivíduos entre as espécies dentro da comunidade (Magurran 1988). Como pode ser observado na Tab. 2, *Qualea grandiflora* e *Parkia platycephala* apresentaram uma quantidade de indivíduos bem maior do que as outras espécies amostradas.

O máximo de indivíduos encontrados em uma parcela foi de 134 e o mínimo foi de 66, o que reflete a heterogeneidade estrutural no cerrado s.s. da Chapada Grande Meridional, variando de um cerrado mais denso a ralo.

As famílias com maior riqueza de espécies foram Fabaceae, com 14 espécies, seguida por Combretaceae, Myrtaceae e Vochysiaceae, com três espécies cada. Os índices de valor de importância (IVI), obtidos para as famílias amostradas na Chapada Grande Meridional, estão relacionados na Tab. 1.

A família com maior IVI foi Fabaceae (69,96), seguida por Vochysiaceae (69,71) que tiveram alta representatividade em todos os parâmetros relativos, bem superior ao restante das famílias. Estas duas famílias representam 64,83% da densidade relativa e 59,33% da dominância relativa encontradas no cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico na Chapada Grande Meridional. Outras famílias que apresentaram um alto IVI foram Dilleniaceae (18,11) e Anacardiaceae (17,72). As famílias com a representação por apenas uma espécie correspondem a 69,23% das famílias encontradas.

De todas as espécies arbóreas encontradas no cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico da Chapada Grande Meridional, 24 estão entre as 300 espécies consideradas

como amplamente distribuídas no Cerrado por Ratter *et al.* (2003, 2005), representando 8% das espécies amplamente distribuídas pelo bioma (Tab. 1).

Tabela 1. Famílias, e seus respectivos índices de valor de importância, e espécies lenhosas amostradas no levantamento fitossociológico em cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico na Chapada Grande Meridional, Piauí. IVI: Índice de Valor de Importância; * espécies amplamente distribuídas no bioma Cerrado (Ratter *et al.* 2003, 2005).

Família	IVI	Espécie
Anacardiaceae	16,61	<i>Anacardium occidentale</i> L.* <i>Astronium fraxinifolium</i> Schott ex Spreng.*
Annonaceae	4,03	<i>Annona coriacea</i> Mart.*
Apocynaceae	4,85	<i>Aspidosperma multiflorum</i> A.DC. <i>Himatanthus drasticus</i> (Mart.) Plumel
Bignoniaceae	2,56	<i>Tabebuia</i> sp
Caryocaraceae	2,12	<i>Caryocar coriaceum</i> Wittm.
Chrysobalanaceae	9,86	<i>Hirtella ciliata</i> Mart. & Zucc.*
Cochlospermaceae	0,93	<i>Cochlospermum regium</i> (Mart. ex Schrank) Pilger
Combretaceae	7,55	<i>Combretum duarceanum</i> Cambess. <i>Combretum mellifluum</i> Eichler <i>Terminalia fagifolia</i> Mart.*
Dilleniaceae	18,11	<i>Curatella americana</i> L.*
Ebenaceae	9,60	<i>Diospyros hispida</i> A.DC.*
Euphorbiaceae	0,93	<i>Manihot</i> sp
Fabaceae	69,66	<i>Andira vermifuga</i> Mart. ex Benth. * <i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth * <i>Cenostigma gardnerianum</i> Tul. <i>Copaifera coriacea</i> Mart. <i>Dimorphandra gardneriana</i> Tul. <i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne var. <i>Stigonocarpa</i> * <i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne var. <i>pubescens</i> Benth. <i>Luetzelburgia auriculata</i> (Allemao) Ducke <i>Machaerium acutifolium</i> Vogel * <i>Parkia platycephala</i> Benth. <i>Plathymenia reticulata</i> Benth. * <i>Sclerolobium paniculatum</i> Vogel * <i>Stryphnodendron coriaceum</i> Benth. <i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke *
Hippocrateaceae	6,23	<i>Salacia elliptica</i> (Mart. ex Schult.) G.Don
Lithraceae	3,51	<i>Lafoensia vandelliana</i> Cham. & Schltld. (Pohl) Lourteig
Malpighiaceae	10,53	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth <i>Byrsonima sericea</i> DC.
Myrtaceae	10,10	<i>Eugenia dysenterica</i> Mart. ex DC. * <i>Myrcia</i> sp <i>Psidium</i> sp
Ochnaceae	1,84	<i>Ouratea</i> sp
Opiliaceae	3,45	<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & J.D.Hook. *

Continua

Tabela 1. Continuação.

Família	IVI	Espécie
Polygonaceae	1,48	<i>Coccoloba</i> sp
Rubiaceae	1,81	<i>Alibertia edulis</i> (L.C.Rich.) A.Rich. ex DC. * <i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K.Schum subsp. <i>tomentosa</i> Gardner ex A.L.Prado *
Sapindaceae	3,35	<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil. *
Sapotaceae	8,51	<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk. *
Simaroubaceae	9,02	<i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil. *
Tiliaceae	4,26	<i>Luehea</i> cf. <i>grandiflora</i> Mart. & Zucc
Verbenaceae	1,36	<i>Vitex flavens</i> Kunth
Vochysiaceae	69,71	<i>Qualea grandiflora</i> Mart. * <i>Qualea parviflora</i> Mart. * <i>Salvertia convallariodora</i> A.St.-Hil.*

A densidade de troncos (930 indiv.ha⁻¹) obtida (Tab. 2), está no intervalo comumente encontrado para a vegetação lenhosa no cerrado s.s., entre 628 e 1.396 indivíduos (Felfili & Silva Junior 1993; Felfili *et al.* 2004 a). Já a área basal obtida (12,84 m².ha⁻¹) é superior ao comumente encontrado nos cerrados, entre 5,79 e 11,30 m².ha⁻¹ (Felfili & Silva Junior 1993; Felfili *et al.* 2004).

As nove espécies que se destacaram pelo índice de valor de importância (IVI) na comunidade (Tab. 2), foram *Qualea grandiflora* (IVI=51,96), *Parkia platycephala* (IVI=38,27), *Qualea parviflora* (IVI=18,92), *Curatella americana* (IVI=15,42), *Sclerolobium paniculatum* (IVI=13,08), *Anacardium occidentale* (IVI=13,06), *Hirtella ciliata* (IVI=8,54), *Byrsonima crassifolia* (IVI=8,04) e *Diospyros hispida* (IVI=8,03).

Os indivíduos mortos em pé obtiveram o quarto maior IVI (15,62). A porcentagem de indivíduos mortos (6,12%) está na faixa comumente encontrada em outros levantamentos realizados no cerrado s.s. (Felfili & Silva Júnior 2001; Felfili *et al.* 2004 a), o que indica que apesar das parcelas estarem fora de unidades de conservação, estas não sofreram grandes impactos.

As nove espécies com maior IVI representam 67,74% dos indivíduos amostrados, sendo que dez espécies foram representadas por apenas um indivíduo. O fato de que a abundância das espécies, tanto em relação à densidade quanto à área basal, está distribuída em poucos indivíduos na comunidade, é um padrão comumente observado nos levantamentos realizados no cerrado s.s. (Felfili & Silva Junior 2001; 2005; Felfili *et al.* 2004 a; 2007), embora estes parâmetros geralmente encontram-se melhor distribuídos entre as espécies, o que não ocorreu na Chapada Grande Meridional, pois houve uma grande concentração da área basal em *Qualea grandiflora* e *Parkia platycephala*, que possuíram 37,51% da dominância

relativa na comunidade e a densidade destas espécies também foi bem superior às demais encontradas, representando 42,48% da densidade relativa encontrada.

Tabela 2. Parâmetros fitossociológicos para a comunidade de espécies lenhosas do cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico da Chapada Grande Meridional, Piauí. Abs.: absoluta; Rel.: relativa; IVI: índice de valor de importância.

Espécie	Densidade		Dominância		Frequência		IVI
	Abs. (ind.ha ⁻¹)	Rel. (%)	Abs. (m ² . ha ⁻¹)	Rel. (%)	Abs. (%)	Rel. (%)	
<i>Qualea grandiflora</i>	280	30,11	2,148	16,72	100	5,13	51,96
<i>Parkia platicephala</i>	115	12,37	2,669	20,79	100	5,13	38,28
<i>Qualea parviflora</i>	70	7,53	0,804	6,26	100	5,13	18,92
Morta	57	6,13	0,692	5,39	80	4,10	15,62
<i>Curatella americana</i>	34	3,66	0,860	6,70	100	5,13	15,48
<i>Sclerolobium paniculatum</i>	33	3,55	0,763	5,94	70	3,59	13,08
<i>Anacardium occidentale</i>	21	2,26	0,926	7,21	70	3,59	13,06
<i>Hirtella ciliata</i>	28	3,01	0,381	2,97	50	2,56	8,54
<i>Byrsonima crassifolia</i>	17	1,83	0,205	1,60	90	4,62	8,04
<i>Diospyros hispida</i>	32	3,44	0,194	1,51	60	3,08	8,03
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> var. <i>stigonocarpa</i>	32	3,44	0,245	1,91	50	2,56	7,91
<i>Pouteria ramiflora</i>	16	1,72	0,275	2,14	60	3,08	6,94
<i>Psidium</i> sp	19	2,04	0,104	0,81	70	3,59	6,44
<i>Simarouba versicolor</i>	11	1,18	0,209	1,63	70	3,59	6,40
<i>Stryphnodendron obovatum</i>	13	1,40	0,109	0,85	70	3,59	5,84
<i>Andira vermifuga</i>	14	1,51	0,226	1,76	50	2,56	5,83
<i>Salacia elliptica</i>	9	0,97	0,178	1,39	50	2,56	4,92
<i>Dimorphandra gardneriana</i>	12	1,29	0,200	1,56	40	2,05	4,90
<i>Salvertia convallariodora</i>	8	0,86	0,062	0,48	40	2,05	3,39
<i>Bowdichia virgilioides</i>	6	0,65	0,152	1,18	30	1,54	3,36
<i>Terminalia fagifolia</i>	2	0,22	0,249	1,94	20	1,03	3,18
<i>Plathymenia reticulata</i>	7	0,75	0,043	0,33	40	2,05	3,14
<i>Annona coriacea</i>	7	0,75	0,023	0,18	40	2,05	2,98
<i>Vatairea macrocarpa</i>	5	0,54	0,114	0,89	30	1,54	2,96
<i>Lafoensia vandelliana</i>	6	0,65	0,069	0,54	30	1,54	2,72
<i>Luetzelburgia auriculata</i>	4	0,43	0,026	0,20	40	2,05	2,69
<i>Agonandra brasiliensis</i>	7	0,75	0,047	0,37	30	1,54	2,66
<i>Aspidosperma multiflorum</i>	4	0,43	0,022	0,17	40	2,05	2,65
<i>Magonia pubescens</i>	4	0,43	0,076	0,59	30	1,54	2,56
<i>Astronium fraxinifolium</i>	5	0,54	0,151	1,17	10	0,51	2,22
<i>Cenostigma gardnerianum</i>	4	0,43	0,020	0,16	30	1,54	2,13
<i>Tabebuia</i> sp	3	0,32	0,088	0,69	20	1,03	2,04
<i>Combretum duarceanum</i>	6	0,65	0,026	0,20	20	1,03	1,87
<i>Caryocar coriaceum</i>	1	0,11	0,159	1,24	10	0,51	1,86
<i>Combretum mellifluum</i>	5	0,54	0,021	0,16	20	1,03	1,72
<i>Eugenia dysenterica</i>	5	0,54	0,017	0,13	20	1,03	1,70

Continua

Tabela 2. Continuação.

Espécie	Densidade		Dominância		Frequência		IVI
	Abs. (ind.ha ⁻¹)	Rel. (%)	Abs. (m ² . ha ⁻¹)	Rel. (%)	Abs. (%)	Rel. (%)	
<i>Ouratea</i> sp	7	0,75	0,040	0,31	10	0,51	1,58
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> var. <i>pubescens</i>	2	0,22	0,031	0,24	20	1,03	1,48
<i>Myrcia</i> sp	3	0,32	0,007	0,05	20	1,03	1,40
<i>Himatanthus drasticus</i>	2	0,22	0,020	0,15	20	1,03	1,39
<i>Coccoloba</i> sp	5	0,54	0,021	0,17	10	0,51	1,22
<i>Vitex flavens</i>	1	0,11	0,062	0,48	10	0,51	1,10
<i>Luehea</i> cf. <i>grandiflora</i>	1	0,11	0,053	0,41	10	0,51	1,03
<i>Machaerium acutifolium</i>	1	0,11	0,032	0,25	10	0,51	0,87
<i>Coclospermum regium</i>	1	0,11	0,006	0,05	10	0,51	0,67
<i>Manihot</i> sp	1	0,11	0,006	0,05	10	0,51	0,67
<i>Tocoyena formosa</i>	1	0,11	0,004	0,03	10	0,51	0,65
<i>Alibertia edulis</i>	1	0,11	0,002	0,02	10	0,51	0,64
<i>Byrsonima sericea</i>	1	0,11	0,002	0,02	10	0,51	0,64
<i>Copaifera coriacea</i>	1	0,11	0,002	0,02	10	0,51	0,64
Total geral	930	100,00	12,84	100,00	1950	100,00	300,00

Analisando outros levantamentos de cerrado s.s., realizados com o mesmo método no Planalto Central (Felfili *et al.* 2007) e na Chapada do Espigão Mestre (Felfili & Silva Junior 2001), no geral, são necessárias de cinco a nove das espécies com maior IVI para a densidade relativa atingir aproximadamente 42%, valor representado pela *Qualea grandiflora* e *Parkia platycephala* neste estudo. Na vegetação do Piauí e Maranhão (Farias & Castro 2004; Aquino *et al.* 2007; Imaña-Encina & De Paula 2003), são necessários de três a cinco das espécies com maior IVI para a densidade relativa atingir esse patamar, ressaltando que nesses três trabalhos, os métodos utilizados foram diferentes. A representatividade de aproximadamente 37% da área basal, no geral, é alcançada com três a oito das espécies com maior IVI nos cerrados comparados sob a mesma metodologia (Felfili & Silva Junior 2001, Felfili *et al.* 2007) e no estudo de Farias & Castro (2004), esse valor foi obtido com quatro a seis espécies. A densidade relativa máxima encontrada para apenas uma espécie nesses estudos, foi 23,09% para *Callisthene mollissima* Warm., em Alto Paraíso – GO (Felfili *et al.* 2007). Estas análises demonstram a elevada densidade relativa de *Qualea grandiflora* (30,11%) encontrada na área estudada. Em relação à dominância relativa, a máxima encontrada em cerrado s.s. foi também em Alto Paraíso, com 25,93% para *Callisthene mollissima* (Felfili *et al.* 2007), seguida de 22,55% para *Hirtella ciliata* em Balsas – MA (Aquino *et al.* 2007 a). Dessa forma, a elevada dominância relativa encontrada para *Parkia platycephala* no presente estudo (20,79%) ocorre nos parâmetros encontrados para o limite superior da dominância relativa em outros

levantamentos de cerrado s.s.

A elevada densidade relativa de *Qualea grandiflora* é comparável à densidade obtida por Marimon *et al.* (2001) em uma floresta monodominante de *Brosimum rubescens* Taub em Nova Xavantina, Mato Grosso, que obteve 35,5% da densidade relativa, além de mais de 50% da área basal, caracterizando a dominância por esta espécie.

Com o fato da Chapada Grande Meridional não ser uma área protegida e ter sido encontrada muitos vestígios de corte seletivo e pastejo por caprinos nas áreas estudadas, os baixos valores do índice de Shannon e da equabilidade de Pielou podem ser reflexo dos impactos antrópicos nessas áreas. Outra possibilidade para os valores obtidos é que pode haver uma dominância natural de poucas espécies no cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico da Chapada Grande Meridional. Marimon *et al.* (2001) encontraram, para uma floresta monodominante de *Brosimum rubescens*, em Nova Xavantina – MT, região ecotonal entre o Cerrado e a Amazônia, os valores de 2,37 para o índice de Shannon e 0,63 para a equabilidade de Pielou.

A dominância natural de poucas espécies na área de estudo pode estar relacionada com a alta dominância relativa de *Parkia platycephala*. Esta espécie possui copas amplas, que sombreiam bastante o ambiente, alterando o microclima e, em campo, foi observado que, próximo dos indivíduos de *Parkia platycephala*, havia pouco estabelecimento de indivíduos de outras espécies. Dessa forma, a alta densidade de *Parkia platycephala* pode impedir a regeneração de espécies que necessitam de alta intensidade luminosa para o seu desenvolvimento.

Características ecológicas, como deciduidade das folhas, alta produção de sementes (de 5200 a 8300.kg⁻¹) e germinação (taxa de 60% após a colheita), dispersão de sementes pelo vento (Silva Junior 2005) e o comportamento de espécie pioneira (Almeida *et al.* 1998), permitem que *Qualea grandiflora* facilmente se estabeleça nas áreas de cerrado, o que também é demonstrado pela sua ampla distribuição pelo bioma, sendo a espécie mais comumente encontrada (Ratter *et al.* 2003, 2005). Já *Parkia platycephala*, que possui distribuição restrita aos cerrados do Nordeste (Ratter *et al.* 2000), possui reprodução anual e a abscisão das folhas ocorre tardiamente na seca, após a reprodução, podendo tratar-se de espécie sempre-verde facultativa (Bulhão & Figueiredo 2002), refletindo um melhor uso da água ou maior acessibilidade ao lençol freático.

Das espécies encontradas no presente estudo, que são utilizadas pela população chapadense e que se encontram bem representadas na região ($IVI \geq 7,0$) são: *Anacardium occidentale*, *Parkia platycephala*, *Curatella americana*, *Hymenaea stigonocarpa* var.

stigonocarpa, *Sclerolobium paniculatum*, *Qualea grandiflora* e *Qualea parviflora*. Porém a maioria das espécies utilizadas pela população chapadense (Costa *et al.* 2007), não se encontra bem representada no cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico da Chapada Grande Meridional, como discutido a seguir.

Caryocar coriaceum foi representado por apenas um indivíduo no presente estudo. Esta espécie é amplamente utilizada pela população chapadense, na extração do pequi (Costa *et al.* 2007). A sua quase ausência no presente estudo revela que esta espécie necessita de manejo especial na futura reserva extrativista, para que a população chapadense possa continuar usufruindo do seu extrativismo em paralelo com a manutenção desta espécie na comunidade de cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico na região da Chapada Grande Meridional.

Vatairea macrocarpa é uma espécie bastante utilizada para fins madeireiros na Chapada Grande Meridional (Costa *et al.* 2007) e também mostrou baixa densidade na comunidade estudada (5 indiv.ha⁻¹), assim como *Vitex flavens* (1 indiv.ha⁻¹), *Copaifera coriacea* (1 indiv.ha⁻¹), *Machaerium acutifolium* (1 indiv.ha⁻¹), *Byrsonima sericea* (1 indiv.ha⁻¹), *Terminalia fagifolia* (2 indiv.ha⁻¹), *Cenostigma gardnerianum* (4 indiv.ha⁻¹), *Magonia pubescens* (4 indiv.ha⁻¹), *Astronium fraxinifolium* (5 indiv.ha⁻¹), *Lafoensia vandelliana* (6 indiv.ha⁻¹), *Bowdichia virgilioides* (6 indiv.ha⁻¹), *Agonandra brasiliensis* (7 indiv.ha⁻¹), *Plathymenia reticulata* (7 indiv.ha⁻¹), *Simarouba versicolor* (11 indiv.ha⁻¹) e *Dimorphandra gardneriana* (12 indiv.ha⁻¹), que possuem diversos usos, inclusive madeireiro (Costa *et al.* 2007).

Na Chapada Grande Meridional há a proposta para a criação da Reserva Extrativista do Cerrado da Chapada Grande Meridional (Costa *et al.* 2007). Assim, na criação da futura reserva extrativista, é necessário adotar medidas de manejo para a área, a fim de evitar problemas que levem à deterioração do ecossistema, como a extinção de espécies, pois o extrativismo também pode provocar a escassez de recursos naturais no bioma (Felfili *et al.* 2004 b). Esta atividade pode ser uma forma de pressão direcionada para indivíduos de determinadas espécies, devido ao interesse econômico (Felfili *et al.* 2004 b). O uso econômico da futura reserva extrativista deve-se concentrar na promoção do uso sustentável de espécies com uso tradicional nessa região e que possuem elevada densidade, como *Anacardium occidentale* (cajuí), *Hymenaea stigonocarpa* (jatobá-de-vaqueiro) e *Sclerolobium paniculatum* (pau-pombo). Além disso, é necessário o estabelecimento de programas de enriquecimento, domesticação e condução da regeneração natural para as espécies de uso econômico que são pouco frequentes na região, como indicadas no parágrafo anterior.

Qualea grandiflora, *Parkia platycephala*, *Qualea parviflora* e *Curatella americana* apresentaram ampla distribuição pela comunidade, ocorrendo em todas as parcelas. Estas espécies possuem ampla distribuição no bioma Cerrado (Ratter *et al.* 2003, 2005), com exceção de *Parkia platycephala*, que é restrita aos cerrados do Nordeste (Ratter *et al.* 2000).

Byrsonima crassifolia, *Vitex flavens*, *Himatanthus drasticus*, *Lafoensia vandelliana* e *Stryphnodendron coriaceum* não são comuns nos levantamentos realizados no Planalto Central. Estas espécies, juntas com *Caryocar coriaceum*, *Parkia platycephala* e *Copaifera coriacea* são mais restritas aos cerrados do Nordeste. *Aspidospema multiflorum*, *Cenostigma gardnerianum*, *Coccoloba* sp, *Cochlospermum regium*, *Combretum duarteanum*, *Combretum mellifluum*, *Luetzelburgia auriculata*, *Luehea cf grandiflora* e *Manihot* sp também não ocorrem nos cerrados do Planalto Central.

Combretum leprosum e *Combretum mellifluum* ocorreram em Campo Maior – PI (Farias & Castro 2004) e são consideradas espécies calcícolas por Castro *et al.* (1998). *Cochlospermum regium* e *Luetzelburgia auriculata* são também encontradas na Caatinga (Castro *et al.* 1998), sendo que esta última ocorreu nas áreas em Campo Maior – PI (Farias & Castro 2004). *Cenostigma gardnerianum*, além de também ser encontrada na Caatinga, possui o Piauí como limite sul para sua distribuição (Castro *et al.* 1998). A presença de várias espécies no cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico na Chapada Grande Meridional que também ocorrem na Caatinga, revela o caráter ecotonal nesta região.

Os indivíduos da comunidade foram distribuídos em sete classes de altura (Fig. 3), com a maioria dos indivíduos entre as classes de 2,9 m a 7,0 m (80,29%), sendo que 15,80% apresentaram maior porte, com alturas maiores que 7 m. O menor indivíduo apresentou 0,8 m (*Qualea grandiflora*) e o mais alto 22 m (*Hymenaea stigonocarpa*).

A presença de uma grande quantidade de indivíduos mais altos nos cerrados do Piauí também foi observada na comparação com os levantamentos realizados em Campo Maior (Farias & Castro 2004), e ultrapassam os padrões de altura descritos para o cerrado s.s. por diversos autores, com a altura das árvores variando de 5 a 8 m (Goodland & Ferri 1979, Cole 1986, Ratter *et al.* 2005, 1997, Furley 1999, Ribeiro & Walter 1998). Estes dados de alturas encontrados no Piauí indicam que o padrão estrutural dos cerrados do Nordeste possui árvores mais altas do que os cerrados do Planalto Central.

Quanto aos diâmetros (Fig. 4), os indivíduos foram distribuídos em 11 classes, com uma concentração de 51,89% dos indivíduos na primeira classe, de 5,0 a 9,0 cm, seguidos por 20,84% dos indivíduos com diâmetro entre 9,1 a 13,0 cm. Esta distribuição diamétrica, em padrão de J-invertido é comumente encontrada no cerrado s.s., pois a maioria dos indivíduos e

espécies atinge um pequeno porte (Felfili & Silva-Junior 2001), em geral inferior a 10 cm, fato corroborado com a distribuição dos indivíduos em classes de altura (Fig. 3), que se concentrou entre 2,9 m a 7 m. Os maiores diâmetros encontrados (50 cm) foram de duas *Parkia platycephala*.

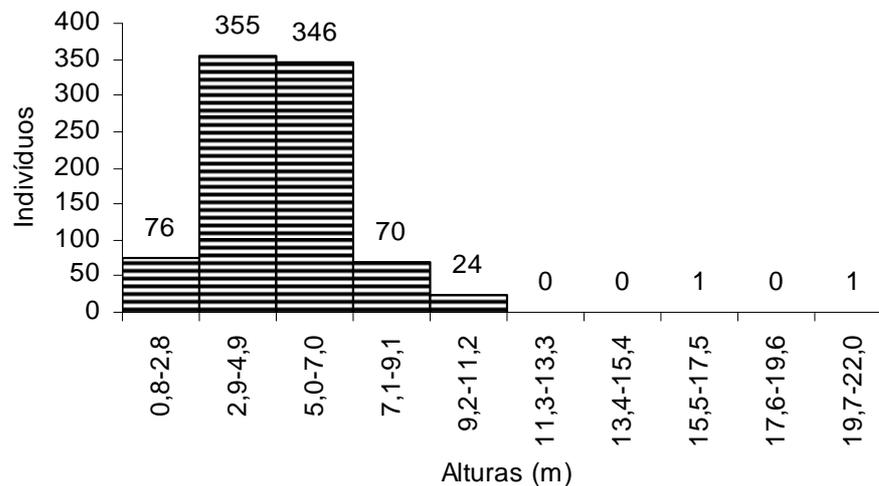


Figura 3. Distribuição dos indivíduos amostrados no cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico da Chapada Grande Meridional, Piauí, em classes de altura.

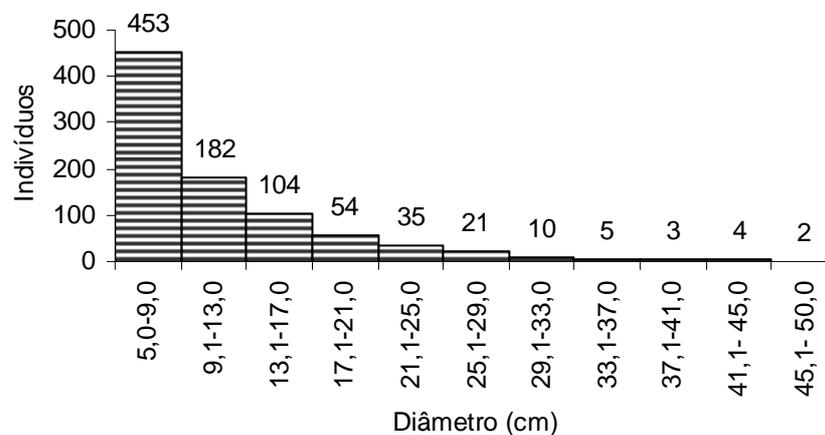


Figura 4. Distribuição dos indivíduos amostrados no cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico da Chapada Grande Meridional, Piauí, em classes de diâmetro.

Diversidade Beta

Nas divisões realizadas pelo método TWINSpan (Fig. 5), a primeira divisão (autovalor aproximado de 0,3) separou seis parcelas da P1, P4 e P10, tendo como espécie indicadora *Sclerobium paniculatum*. Esta espécie pode ser considerada como indicadora

perfeita na divisão realizada pelo método TWINSpan (Kent & Coker 1992), pois não ocorreu na P1, P4 e P10. *Sclerobium paniculatum* possui ampla distribuição pelo Cerrado (Castro *et al.* 1998, Ratter *et al.* 2003, 2005), e possui comportamento pioneiro, sendo uma das primeiras a surgir em cerrados alterados (Felfili *et al.* 2000). Aquino *et al.* (2007) encontraram, em áreas de cerrado s.s. no município de Balsas-MA, *Sclerobium paniculatum* como a espécie com maior recrutamento, duplicando sua densidade em sete anos. Os autores associaram as alterações antrópicas ocorrentes na área com o sucesso no estabelecimento desta espécie.

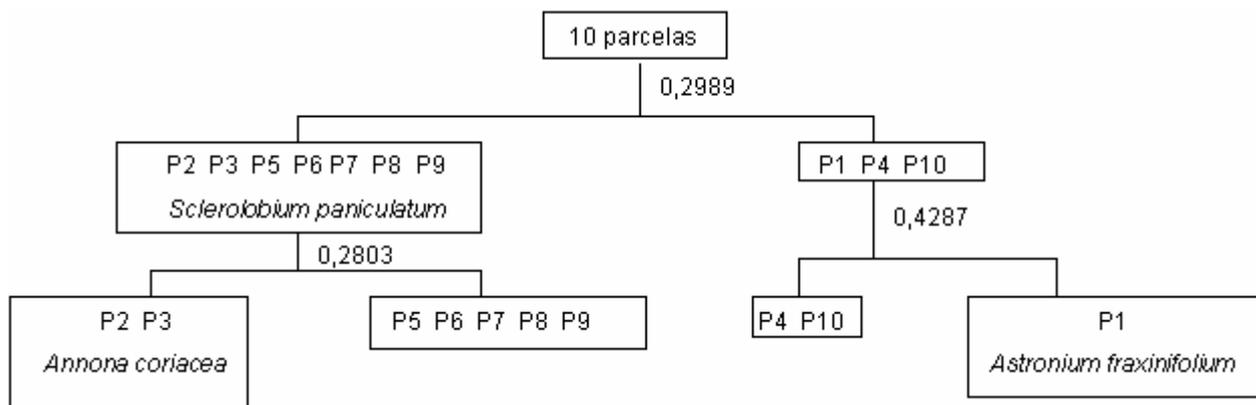


Figura 5. Classificação pelo método TWINSpan das parcelas amostradas no cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico na Chapada Grande Meridional, Piauí.

Na segunda divisão (autovalor 0,2803), as parcelas P2 e P3 foram separadas de P5, P6 a P9, com *Annona coriacea* como espécie indicadora.

A terceira divisão (autovalor de 0,4287) separou a P1 (localizada mais ao norte, no município de Regeneração) da P4 e P10, com *Astronium fraxinifolium* como espécie indicadora perfeita, pois só ocorreu na P1. Esta espécie é indicadora de solos mesotróficos (Ratter *et al.* 2003, 2005) e também ocorre em outras áreas de cerrado do Piauí (Castro *et al.* 1998; Farias & Castro 2004) e matas de galeria (Felfil *et al.* 2001).

A primeira e segunda divisões obtidas pelo método TWINSpan não foram fortes, como indicado pelos autovalores menores que 0,3 (Kent & Coker 1992). Isto indica que as parcelas possuíam elevada similaridade florística.

Similaridade de 50% entre parcelas é considerada elevada (Kent & Coker 1992), ou seja, quando o índice de Sørensen (qualitativo) é maior que 0,5 e o índice de Czekanowski (quantitativo) é maior que 50. Dessa forma, as similaridades entre as parcelas amostradas no cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico da Chapada Grande Meridional foram, de modo geral, elevadas, com mais da metade das parcelas similares pelo índice de Sørensen (Tab. 3).

Mesmo com a elevada similaridade florística encontrada, as parcelas mostraram uma variação estrutural, demonstrada por uma menor similaridade obtida pelo índice de Czekanowski, devido às diferentes densidades das populações presentes em cada parcela, indicando assim, uma elevada diversidade beta (Felfili *et al.* 2004).

Uma espécie pode ser abundante em uma parcela e rara em outra, como têm sido observado em outras áreas de cerrado s.s. (Felfili & Silva Júnior 1993, 2001, 2005, Felfili & Felfili 2001, Felfili *et al.* 2004 a, 2007). Como exemplo, a P7 mostrou-se floristicamente similar a todas as parcelas, mas quando considerada a densidade das espécies, a P7 foi similar apenas às P3 e P6, mostrando uma diferenciação estrutural na comunidade.

Tabela 3. Similaridade da vegetação lenhosa entre as parcelas em cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico da Chapada Grande Meridional, Piauí.

Parcelas	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
P1	x	49,75	34,56	50,43	50,61	47,13	29,48	45,30	46,80	55,00
P2	0,52	x	52,57	57,61	52,57	50,58	40,23	55,67	58,70	65,72
P3	0,54	0,61	x	30,00	48,48	59,84	53,96	58,27	49,36	41,17
P4	0,51	0,46	0,51	X	41,00	31,79	24,74	37,44	38,05	58,82
P5	0,47	0,47	0,47	0,51	X	61,41	49,20	62,25	55,69	47,05
P6	0,59	0,59	0,55	0,48	0,55	X	61,15	58,90	52,28	43,63
P7	0,53	0,58	0,70	0,57	0,72	0,71	x	46,89	47,36	29,26
P8	0,42	0,42	0,58	0,45	0,66	0,61	0,72	X	67,79	50,79
P9	0,46	0,56	0,40	0,50	0,51	0,48	0,58	0,58	x	53,06
P10	0,55	0,55	0,44	0,54	0,56	0,52	0,51	0,43	0,42	x

Em itálico: índice de Czekanowski (valores variam de 0 a 100); não-itálico: índice de Sørensen (valores variam de 0 a 1); negrito: parcelas com maiores valores dos índices de similaridade.

A alta diversidade beta é característica marcante do cerrado s.s., na comparação entre amostragens em localidades distintas, sendo que a densidade de espécies é um dos fatores mais importantes que diferenciam as áreas no Cerrado, caracterizando a distribuição em mosaicos (Ratter & Dargie 1992; Felfili & Silva Júnior 1993; 2001; 2005; Felfili & Felfili 2000; Ratter *et al.* 2003; 2005; Felfili *et al.* 2004; 2007).

A similaridade pode ser baixa mesmo entre parcelas em uma mesma mancha, ou alta em parcelas que se encontrem em manchas diferentes, sugerindo uma matriz permeável, onde as distintas fisionomias que circundam o cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico

provavelmente não constituem barreiras para a dispersão das espécies entre os fragmentos, em função da proximidade das manchas e também da presença de espécies comuns. A maior proximidade das parcelas não é refletida na similaridade, como no caso da P10, que se encontra mais próxima das P3, P5 e P6 e apresentou baixa similaridade estrutural com elas, mas apesar da distância com a P1, mostrou uma similaridade florística e estrutural com essa parcela. Tais variações podem ser devido à heterogeneidade ambiental, como pequenas diferenças do solo, como fertilidade e umidade, que podem ocorrer de forma recorrente entre as manchas de cerrado s.s. Essas questões podem ser elucidadas com estudos sobre as características químicas e físicas dos solos.

As manchas de cerrado s.s. estudadas representam esta fisionomia sobre um tipo de solo que possui pouca ocorrência na região. Este fato, aliado à diversidade beta encontrada, mostra a importância da preservação destas manchas que já se encontram fragmentadas por atividades antrópicas. Como são poucas manchas de cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico, onde ocorrem diferenças nas densidades de espécies, a destruição ou manejo mal conduzido pode levar ao desaparecimento de espécies nesse cerrado.

Suficiência da amostragem

A abrangência florística da amostragem pode ser observada na curva do coletor (Fig. 6), onde nas primeiras quatro parcelas foram encontradas 87,75% das espécies e a partir daí houve poucas adições nas seis parcelas restantes.

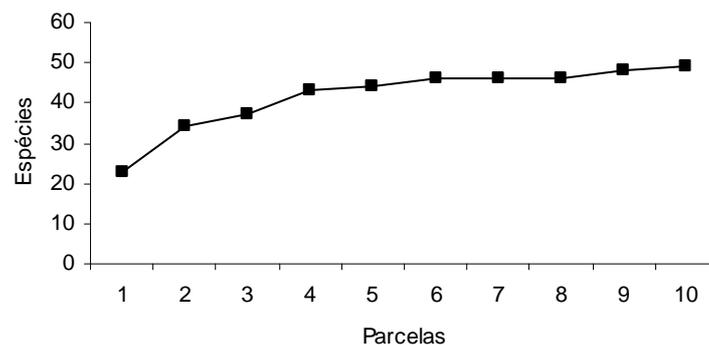


Figura 6. Curva do coletor referente ao levantamento fitossociológico de cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico na Chapada Grande Meridional, Piauí.

A amostragem realizada foi considerada suficiente para os parâmetros de densidade e área basal, pois o erro padrão da amostra foi baixo, representando 7,36% da média da densidade ($IC = \pm 7,48$) e 7,48% da média da área basal ($IC = \pm 0,18$). Outros estudos realizados em cerrado s.s. que utilizaram o mesmo método de amostragem também obtiveram

resultados satisfatórios quanto à suficiência amostral (Felfili & Silva Junior 1993; 2001; Felfili *et al.* 1997; 2007).

Conclusões

A estrutura comunitária do cerrado s.s. em Neossolo Quartzarênico da Chapada Grande Meridional caracteriza-se pela elevada densidade de *Qualea grandiflora* (com 30,11% da densidade) e *Parkia platycephala* (com 12,37%), determinando uma baixa diversidade alfa quando comparada aos valores encontrados para cerrado s.s. no bioma em geral.

A densidade e riqueza encontradas nesta comunidade estão dentro dos limites encontrados para cerrado s.s. no bioma em geral, indicando a semelhança estrutural do cerrado marginal com a vegetação ao longo do bioma. Porém, a diversidade alfa obtida é menor do que em outras áreas do bioma em função da elevada dominância de poucas espécies.

A maioria dos indivíduos amostrados encontrou-se na faixa entre 5,0 cm a 10 cm de diâmetro e entre 2 m a 6 m de altura, confirmando a semelhança com essa fisionomia no Brasil Central. Porém, os limites superiores de altura indicam um padrão estrutural diferenciado dos cerrados do Nordeste, que possuem árvores mais altas do que os cerrados do Brasil Central.

A similaridade florística foi elevada pelo índice de similaridade de Sørensen, considerando apenas a presença e ausência de espécies, o que indica uma elevada ocorrência de espécies comuns entre as manchas de cerrado s.s. na Chapada Grande Meridional. Porém, pelo índice de Czekanowski, que considera a densidade das populações, a similaridade florística foi menor, indicando uma diversidade beta elevada, provavelmente em funções de pequenas diferenciações ambientais que ocorrem ao longo das manchas de cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico na região e promovem diferentes densidades das espécies.

Quase a metade das espécies apresenta distribuição ampla no bioma Cerrado, representadas principalmente pelas espécies do gênero *Qualea grandiflora*, *Qualea parviflora*, *Curatella americana*, *Sclerolobium paniculatum* e *Anacardium occidentale*.

O caráter marginal do cerrado s.s. sobre Neossolos Quartzarênicos da Chapada Grande Meridional foi evidenciado pela presença de espécies típicas dos cerrados do Nordeste e com ocorrência restrita a esta região, como *Aspidosperma multiflorum*, *Himatanthus drasticus*, *Byrsonima crassifolia*, *Stryphnodendron coriaceum*, *Parkia platycephala*, *Caryocar coriaceum*, *Copaifera coriacea*, *Combretum leprosum*, *Combretum mellifluum*, *Lafoensia vandelliana* e *Vitex flavens*.

O caráter ecotonal da região foi evidenciado pela presença de espécies que também ocorrem na Caatinga, como *Cochlospermum regium*, *Luetzelburgia auriculata* e *Cenostigma gardnerianum*.

Agradecimentos

A equipe da BIOTEN que apoiou o desenvolvimento da pesquisa na Chapada Grande Meridional, ao CNPq-PELD e Programa de Pós Graduação em Ecologia pelo financiamento, ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado, ao Raimundo Nonato Lopes, pela eficiente ajuda em campo e ao Benedito Alísio Pereira da Silva pelo precioso auxílio na identificação do material vegetativo.

Referências Bibliográficas

- Aguiar, R.B; Gomes, R.B.C. 2004 a. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, Estado do Piauí: diagnóstico do município de Arraiá**. Fortaleza, CPRM - Serviço Geológico do Brasil. 19p.
- Aguiar, R.B; Gomes, R.B.C. 2004 b. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, Estado do Piauí: diagnóstico do município de Regeneração**. Fortaleza, CPRM - Serviço Geológico do Brasil. 21p.
- Almeida, S.P.; Proença, C.E.; Sano, S.M.; Ribeiro, J.F. 1998. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina, Embrapa Cerrados. 464 p.
- APG II. 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. **Botanical Journal of the Linnean Society** **141**: 399–436.
- Aquino, F.G.; Walter, B.M.T.; Ribeiro, J.F. 2007 a. Woody community dynamics in two fragments of “cerrado” stricto sensu over a seven-year period (1995-2002), MA, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica** **30**(1): 113 – 121.
- Aquino, F.G.; Walter, B.M.T.; Ribeiro, J.F. 2007 b. Dinâmica de populações de espécies lenhosas de cerrado, Balsas, Maranhão. **Revista Árvore** **31**(5): 793 – 803.
- Bridgewater, S.; Ratter, J.A.; Ribeiro, J.F. 2004. Biogeographic patterns, β -diversity and dominance in the cerrado biome of Brazil. **Biodiversity and Conservation** **13**: 2295-2318.

- Bulhão, C.F. & Figueiredo, P.S. 2002. Fenologia de leguminosas arbóreas em uma área de cerrado marginal no nordeste do Maranhão. **Revista Brasileira de Botânica** **25**(3): 361-369.
- Castro, A.A.J.F. & Martins, F.R. 1999. Cerrados do Brasil e do Nordeste: caracterização, área de ocupação e considerações sobre a sua fitodiversidade. **Pesquisa Foco** **7**(9): 147-178.
- Castro, A.A.J.F.; Castro N.M.C.F.; Costa, J.M.; Farias, R.R.S.; Mendes, M.R.A.; Albino, R.S.; Barros, J.S.; Oliveira, M.E.A. 2007. Cerrados marginais do Nordeste e ecótonos associados. **Revista Brasileira de Biociências** **5**(1):273-275.
- Castro, A.A.J.F.; Martins, F.R.; Fernandes, A.G. 1998. The woody flora of cerrado vegetation in the State of Piauí, Northeastern Brazil. **Edinburgh Journal of Botany** **55**(3): 455-472.
- Cole, M.M. 1986. **The Savannas: Biogeography and Geobotany**. London, Academic Press.
- Costa, J.M., Farias, R.R.S.; Castro, A.A.J.F.; Castro, N.M.C.F. 2007. Diagnóstico ambiental da Chapada Grande Meridional: levantamento de potencialidades. **Publicações Avulsas em Conservação de Ecossistemas** **14**: 1-28.
- Farias, R.R.S. & Castro, A.A.J.F. 2004. Fitossociologia de trechos da vegetação do Complexo de Campo Maior, Campo Maior, PI, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **18**(4): 949-963.
- Felfili, J.M. & Silva Júnior, M.C. 1993. A comparative study of cerrado (*sensu stricto*) vegetation in Central Brazil. **Journal of Tropical Biology** **9**: 277-289.
- Felfili, J.M. & Silva Júnior, M.C. 2001. **Biogeografia do bioma cerrado: estudo fitofisionômico na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco**. Brasília, Universidade de Brasília.
- Felfili, J.M. & Silva Júnior, M.C. 2005. Diversidade alfa e beta no cerrado *sensu stricto*, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais e Bahia. Pp: 143-154. *In*: Scariot, A.; Sousa-Silva, J.C.; Felfili, J.M (orgs). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente.
- Felfili, J.M.; Mendonça, R.C.; Walter, B.M.T.; Silva Júnior, M.C.; Nóbrega, M.G.G.; Fagg, C.W.; Sevilha, A.C.; Silva, M.A. 2001. Flora fanerogâmica das Matas de Galeria e Ciliares do Brasil Central. Pp: 195-263. *In*: Ribeiro, J.F., Fonseca, C.E.L., Souza-Silva, J.C. (orgs.). **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. Planaltina, Embrapa Cerrados.

- Felfili, J.M.; Hilgert, L.F.; Franco, A.C.; Sousa-Silva, J.C.; Resende, A.V.; Nogueira, M.V.P. 1999. Comportamento de plântulas de *Sclerolobium paniculatum* Vog. var. *rubiginosum* (Tul.) Benth. sob diferentes níveis de sombreamento, em viveiro. **Revista Brasileira de Botânica** 22(2): 297-301.
- Felfili, J.M. & Rezende R.P. 2003. **Conceitos e Métodos em Fitosociologia**. Brasília, UnB/FT/Departamento de Engenharia Florestal.
- Felfili, J.M.; Rezende, A.V.; Silva Junior, M.C.; Silva, M.A. 2000. Changes in the floristic composition of cerrado *sensu stricto* in Brazil over a nine-year period. **Journal of Tropical Ecology** 16: 579-590.
- Felfili, J.M.; Silva Júnior, M.C.; Sevilha, A.C.; Fagg, C.W.; Walter, B.M.T.W.; Nogueira, P.E; Rezende, A.V. 2004 a. Diversity, floristic and structural patterns of cerrado vegetation in Central Brazil. **Plant Ecology** 175: 37-46.
- Felfili, J.M.; Ribeiro, J.F.; Filho, H.C.B.; do Vale, A.T. 2004 b. Potencial econômico da biodiversidade do Cerrado: estágio atual e possibilidades de manejo sustentável dos recursos da flora. Pp: 177- 220. *In*: Aguiar, L.M.S. & Camago, A.J.A. **Cerrado: ecologia e caracterização**. Planaltina, Embrapa Cerrados.
- Felfili, J.M; Rezende, A.V.; Silva Júnior, M.C. 2007. **Biogeografia do Bioma Cerrado: vegetação e solos da Chapada dos Veadeiros**. Brasília, Editora Universidade de Brasília/Finatec. 256p.
- Felfili, M.C & Felfili, J.M. 2001. Diversidade alfa e beta no cerrado *sensu stricto* da Chapada Pratinha, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 15(2): 243-254.
- Furley, P.A & Ratter, J.A. 1988. Soil resources and plant communities of the central Brazilian cerrado and their development. **Journal of Biogeography** 15(1): 97-108.
- Furley, P.A. 1999. The nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. **Global Ecology & Biogeography** 8:223-241.
- Giulietti, A.M.; Harley, R.H.; Queiroz, L.P, Barbosa, M.R.V.; Neta, A.L.B.; Figueiredo, M.A. 2002. Espécies endêmicas da caatinga. Pp. 103 – 118. *In*: Sampaio, E.V.S.B.; Giulietti, A.M.; Virgínio, J.; Gamarra-Rojas, C.F.L. **Vegetação e flora da Caatinga**. Recife, Associação Plantas do Nordeste / Centro Nordestino de Informações sobre Plantas.
- Goodland, R. & Ferri, M.G. 1979. **Ecologia do Cerrado**. São Paulo, Ed. Itatiaia/Editora da Universidade de São Paulo. 193 p.

- Haridasan, M. 2001. Solos. Pp. 12-17. In: Felfili, J.M. & Silva Júnior, M.C (orgs). **Biogeografia do bioma Cerrado: estudo fitofisionômico na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco**. Brasília, UnB/FT/ Departamento de Engenharia Florestal.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2006 a. Mapa de Clima. **www.ibge.gov.br**.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2006 b. **Produção** agrícola municipal / Produtos de extração vegetal e silvicultural. **www.ibge.gov.br**.
- Imaña-Encinas, J. & De Paula, J.E. 2003. Análise da vegetação de cerrado no Município de Santa Quitéria – Maranhão. **Brasil Florestal 78**: 33 - 42.
- Kent, M.; Coker, P.1992. **Vegetation description and analysis: a practical approach**. London, CRC Press & Belhaven Press. 354 p.
- Leal, I.R.; Vicente, A.; Tabarelli, M. 2003. Herbivoria por caprinos na Caatinga da região de Xingó: uma análise preliminar. Pp 695 – 716. In: Leal, I.R., Tabarelli, M.; Silva, J.M.C (eds). **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife, Ed. Universitária da UFPE.
- Lindoso, G.S & Felfili, J.M. 2007. Características florísticas e estruturais de Cerrado *sensu stricto* em Neossolo Quartzarênico. **Revista Brasileira de Biociências 5(2)**: 102-104.
- Magurran, A.E. 1988. **Ecological diversity and its measurement**. London, Croom Helm. 256 p.
- Marimon, B.S.; Felfili, J.M.; Haridasan, M. 2001. Studies in monodominant forests in Eastern Mato Grosso, Brazil: I. A forest of *Brosimum rubescens* Taub. **Edinburgh Journal of Botany 58(1)**: 123 – 137.
- McCune B. & Mefford, M.J. 1997. **PC-ORD version 3.17: Multivariate analysis of ecological**. Oregon, MjM Software.
- Mendonça, R.C., Felfili, J.M. Walter, B.M.T., Silva Júnior, M.C., Rezende, A.V., Filgueiras, T.S., Ernani, P.N. 1998. Flora vascular do Cerrado. Pp: 289-556. In: Sano, S.M., Almeida, S.P.(orgs.). **Cerrado: Ambiente e Flora**. Planaltina, Embrapa Cerrados.
- Mendonça, R.C.; Felfili, J.M.; Fagg, C.W.; Silva, M.A.; Filgueiras, T.S.; Walter, B.M.T. 2000. Florística da região do Espigão Mestre do São Francisco, Bahia e Minas Gerais. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer 6**: 38-94.
- Mueller-Dombois, D. & ElleMBERG, H. 2002. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York, Blackburn Press. 547p.
- Oliveira-Filho, A.T.; Shepherd, G.J.; Martins, F.R.; Stubblebine, W.H. 1989. Environmental factors affecting physiognomics and floristic variation in an area of cerrado in central Brazil. **Journal of Tropical Ecology 5**: 413-431

- Oliveira, M.E.A.; Sampaio, E.V.S.B.; Castro, A.A.J.F.; Rodal, M.J.N. 1997. Flora e fitossociologia de uma área de transição carrasco-caatinga de areia em Padre Marcos, Piauí. **Naturalia** **22**: 131-150.
- Ratter, J.A. & Dargie, T.C.D. 1992. An analysis of the floristic composition of 26 cerrado areas in Brazil. **Edinburgh Journal of Botany** **49**(2): 235-250.
- Ratter, J.A., Bridgewater, S., Ribeiro, J.F. 2003. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: Comparison of the wood vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany** **60**: 57-109.
- Ratter, J.A., Bridgewater, S., Ribeiro, J.F. 2005. Biodiversity patterns of the woody vegetation of the Brazilian Cerrados. Pp.31-58. *In*: Pennington, R.T., Lewis, G.P., Ratter J.A. **Neotropical Savannas and dry forests: Diversity, Biogeography and Conservation**.
- Ratter, J.A., Ribeiro, J.F., Bridgewater, S. 1997. The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany** **80**: 223-230.
- Ratter, J.A.; Bridgewater, S.; Ribeiro, J.F.; Dias, T.A.B.; Silva, M.R. 2000. Distribuição das espécies lenhosas da fitofisionomia Cerrado sentido restrito nos estados compreendidos pelo bioma Cerrado. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer** **5**: 5-43.
- Reatto, A.; Correia, J.R. & Spera, S.T. 1998. Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos. Pp. 47-86. *In*: Sano, S.M. & S.P. Almeida (orgs.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, Embrapa Cerrados.
- Ribeiro, L. F. & Tabarelli, M. 2002. A structural gradient in cerrado vegetation of Brazil: changes in woody plant density, species richness, life history and plant composition. **Journal of Tropical Ecology** **18**: 775-794.
- Ribeiro, J.F. & Walter, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do Bioma cerrado. Pp. 89-166. *In*: Sano, S.M. & S.P. Almeida (orgs.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, Embrapa Cerrados.
- Sagrilo E.; Girão E.S.; Barbosa F.J.V, Ramos G.M., Azevedo J.N., Medeiros L.P., Neto R.B.A., Leal T.M. 2003. Sistemas de produção 1: Agricultura Familiar. **systemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/AgriculturaFamiliar/RegiaoMioNorteBrasil/index.htm**.
- Silva Junior, M.C. 2005. **100 árvores do Cerrado**: guia de campo. Brasília, Rede de Sementes do Cerrado. 278 p.
- Silva, J.F.; Fariñas, M.R.; Felfili, J.M.; Klink, C.A. 2006. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. **Journal of Biogeography** **33**: 536-548.

Souza, D.M.G. & Lobato, E. 2005. Areia Quartzosa / Neossolo Quartzarênico.
www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_2_10112005101955.html.

Variações ambientais e relações florísticas no cerrado *sensu stricto* sobre areia (Neossolo Quartzarênico) da Chapada Grande Meridional, Piauí¹

Resumo

(Variações ambientais e relações florísticas no cerrado *sensu stricto* sobre areia (Neossolo Quartzarênico) da Chapada Grande Meridional, Piauí). A vegetação do cerrado sobre Neossolo Quartzarênico na Chapada Grande Meridional, no Piauí, ocorre em manchas em uma região ecotonal. O presente estudo teve como objetivo relacionar a variação florística do cerrado sobre Neossolo na Chapada Grande Meridional com a variação das características edáficas e da altitude. Foram mensurados os indivíduos com diâmetro a partir de 5 cm e coletadas amostras compostas de solos em dez parcelas de 20 m x 50 m. Foram encontrados 930 indiv.ha⁻¹, 48 espécies (duas variedades) e 26 famílias. Os teores de nutrientes e os valores de pH obtidos para os solos da Chapada Grande Meridional encontram-se no intervalo comumente observado em solos do cerrado s.s., caracterizando-os como ácidos, distróficos e com textura arenosa. A altitude encontrada variou de 168 a 215 m. Análise de Correspondência Canônica (CCA) foi utilizada para avaliar as relações das variações locais do meio físico, como características químicas e físicas do solo e a altitude, com a composição e abundância das espécies encontradas. Foram utilizadas 30 espécies com densidade maior que 5 indiv.ha⁻¹ na amostragem e as variáveis ambientais que tiveram maior influência na vegetação foram: altitude e teores de Na⁺, K⁺, Al³⁺, P⁺, Zn²⁺ e areia grossa. A CCA mostrou um gradiente de fertilidade, altitude, textura e salinidade do solo que influenciou na distribuição de algumas espécies, especialmente em relação à densidade, caracterizando uma elevada diversidade beta mesmo em um solo relativamente homogêneo. *Eugenia dysenterica* e *Combretum duaratanum* são recomendadas para a recuperação de áreas na região pois estão relacionadas com solos distróficos, álicos e com presença de sódio.

Palavras chave: Solos, ordenação, cerrado marginal, Nordeste, savana.

¹ Artigo a ser submetido para a Revista Brasileira de Botânica.

Introdução

O cerrado *sensu stricto* (s.s.), que cobre cerca de 70% do bioma Cerrado (Eiten 1972), é caracterizado por possuir um padrão de distribuição das espécies lenhosas em mosaico, o que determina uma elevada diversidade beta, com a diferenciação entre as áreas principalmente devido às diferenças nas densidades das espécies encontradas (Ratter & Dargie 1992, Felfili & Silva Júnior 1993, 2001, 2005, Felfili & Felfili 2001, Ratter *et al.* 2003, 2005, Felfili *et al.* 2004, 2007). A elevada diversidade beta é encontrada tanto em áreas de cerrado s.s., localizadas em um mesmo Sistema de Terra e consideradas fisiograficamente homogêneas (Felfili & Felfili 2001, Felfili & Silva Junior 2001, Felfili *et al.* 2004, 2007), quanto em áreas distantes, mas sobre um mesmo tipo de solo (Lindoso & Felfili 2007).

As diferentes composições florísticas e densidades encontradas entre áreas de cerrado s.s. são consequência das variações ambientais, principalmente em relação aos fatores edáficos, proximidade do lençol freático, devido à variação topográfica, altitude e regime do fogo (Furley & Ratter 1988, Oliveira-Filho *et al.* 1989, Felfili & Silva Júnior 1993, Ribeiro & Walter 1998). As diferentes fisionomias encontradas no bioma Cerrado e caracterização da composição florística, têm sido relacionadas com variações na disponibilidade de nutrientes, matéria orgânica e textura dos solos (Goodland & Pollard 1973, Oliveira-Filho *et al.* 1989, Haridasan 1992, Ruggiero *et al.* 2002, Marimon-Junior & Haridasan 2005, Campos *et al.* 2006). Contudo, a maior parte dos estudos realizados no Cerrado é restrita às áreas de Latossolos, que são os solos predominantes na região e, portanto, poucos estudos contemplam as relações entre as variações florísticas e ambientais em solos arenosos, como o Neossolo Quartzarênico (Haridasan 2001, 2007, Lindoso & Felfili 2007), que corresponde a 15,2% da extensão do bioma (Reatto & Martins 2005).

O Neossolo Quartzarênico, popularmente conhecido como Areia Quartzosa, caracteriza-se por ser bem-drenado, ácido, com baixa fertilidade, e alta saturação de alumínio, além de apresentar pouca diferenciação nos perfis, com sequência de horizonte A-C, que têm no mínimo dois metros de profundidade (Goedert 1987, Furley & Ratter 1998). A coloração pode variar entre branco, acinzentado, amarelado e vermelho, sendo constituído essencialmente de quartzo. Por possuir no máximo 15% de argila e em geral ausência de silte, sua textura pode ser classificada como arenosa à franco-arenosa (Reatto *et al.* 1998, Embrapa 1999). Em função da textura, a limitação da capacidade de armazenamento de água é severa, com disponibilidade de água para as plantas, limitada aos primeiros 2 m de profundidade, variando em média de 70 a 200 mm (Reatto *et al.* 1998), sobretudo em locais de maior macroporosidade, onde a areia grossa predomina sobre a fina (Sousa & Lobato 2005). Os

baixos teores de argila e matéria orgânica reduzem a capacidade de agregação de partículas e adsorção de nutrientes, tornando o solo muito suscetível à erosão e à perda de nutrientes por lixiviação (Reatto *et al.* 1998).

Extensas áreas de Neossolo Quartzarênico ocorrem no Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Oeste da Bahia, sul do Maranhão, norte e sul do Piauí, norte de Minas Gerais e sul do Pará (Goedert 1987, Reatto *et al.* 1998). Sobre o cerrado s.s. estabelecido sobre Neossolos Quartzarênicos, no âmbito do Projeto Biogeografia do Bioma Cerrado, foi mostrado, através da Análise de Componentes Principais (ACP), um gradiente nos teores de nutrientes disponíveis e pH dos solos associado ao cerrado s.s. em quatro áreas na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco, na Bahia e em Minas Gerais (Haridasan 2001). Oliveira-Filho *et al.* (1989) realizaram um estudo no gradiente florístico-estrutural do cerrado sobre solos arenosos na Chapada dos Guimarães - MT, onde foi encontrada, através da realização de análises multivariadas, maior influência das diferenças do regime de água nos solos e declividade associada à rochosidade nas variações da vegetação, em detrimento da textura e propriedades químicas, que se mostraram mais uniformes. O regime de água e a declividade exerceram influência na abundância das espécies e altura dos indivíduos, que foram menores com o aumento da rochosidade, possivelmente limitadas por períodos de deficiência hídrica e menor quantidade de solo entre os fragmentos de rocha.

A vegetação do Cerrado cobre aproximadamente 33% do Estado do Piauí (Oliveira *et al.* 1997, Castro *et al.* 1998). Alguns autores (Castro *et al.* 1998, Castro & Martins 1999) têm ressaltado a necessidade de estudos sobre a composição florística e estrutura da vegetação dos cerrados marginais do Nordeste, assim como estudos para a determinação de padrões biogeográficos relacionando a florística e estrutura da vegetação do Cerrado com as condicionantes ambientais (Silva *et al.* 2006), especialmente em comunidades encontradas sobre Neossolo Quartzarênico (Haridasan 2001, 2007, Lindoso & Felfili 2007).

O presente trabalho parte da premissa que a vegetação do cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico na Chapada Grande Meridional, que ocorre em manchas em uma região ecotonal no Piauí, intercaladas por outras fisionomias, tipos de solos e áreas antropizadas, possui uma variação florística relacionada com as variações edáficas e topográficas dessas manchas de solos arenosos.

Visando, portanto, contribuir ao preenchimento de lacunas de conhecimento sobre os cerrados marginais do Nordeste e investigar sobre as relações entre a vegetação e fatores ambientais nas áreas de cerrado estabelecido sobre solos arenosos, o presente estudo teve como objetivo relacionar a variação florística do cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico,

na Chapada Grande Meridional, com variações locais do meio físico, como características químicas e físicas do solo e a altitude.

Material e métodos

Área de estudo

A Chapada Grande Meridional, localizada na região central do Piauí, entre as coordenadas 06°34-45' S e 42°07-18' W, na altura setentrional do Rio Parnaíba (Figura 1), compreende ao norte, os municípios de Elesbão Veloso, Regeneração e Francinópolis e, ao sul, os municípios de Tanque do Piauí, Várzea Grande, Arraial, Francisco Ayres, Cajazeiras do Piauí e Santa Rosa do Piauí (Costa *et al.* 2007). Esta região possui uma proposta de criação da Reserva extrativista do Cerrado da Chapada Grande (Costa *et al.* 2007)

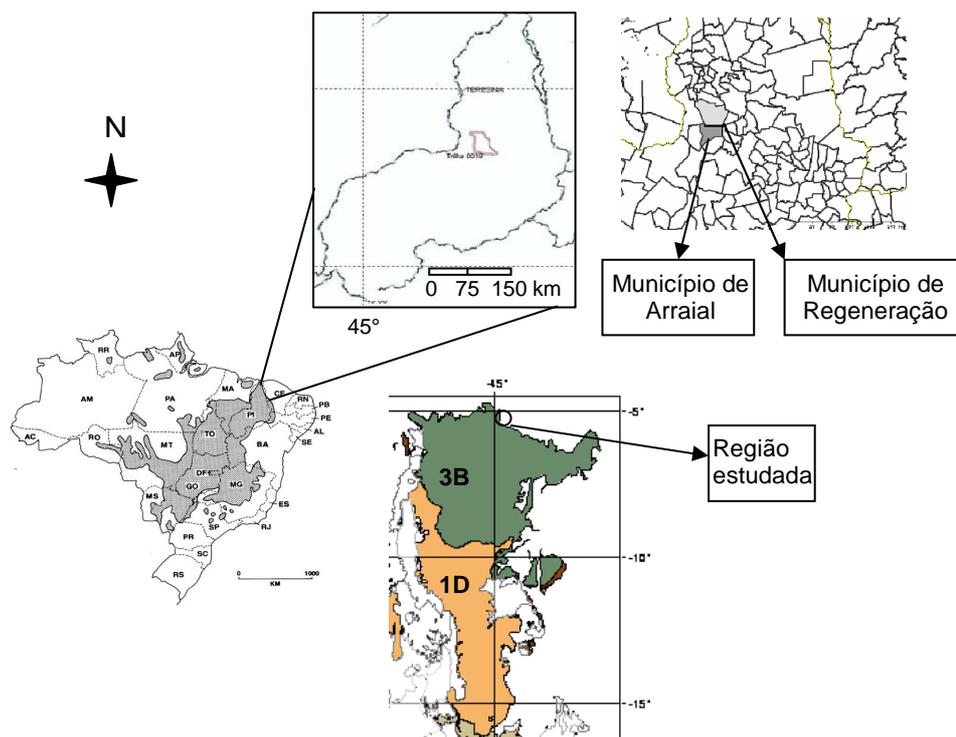


Figura 1. Localização da Chapada Grande Meridional, no bioma Cerrado, e dos municípios de Arraial e Regeneração, Piauí. 3B: Unidade Ecológica onde se encontra a Chapada Grande Meridional (Fontes: Ratter *et al.* 1997, Silva *et al.* 2006, Costa *et al.* 2007, modificados).

O clima na Chapada Grande Meridional é Tropical, tipo Aw segundo a classificação climática de Köppen. De acordo com as normais climatológicas disponíveis no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), os municípios de Arraial e Regeneração apresentam temperaturas entre 24°C e 34°C, a precipitação média anual é de 900 a 1200 mm,

com cerca de cinco meses como os mais chuvosos, e o período restante do ano de estação seca.

De acordo com Silva *et al.* (2006) e Felfili *et al.* (no prelo), a Unidade Ecológica onde se insere os cerrados do Meio-Norte (Piauí e Maranhão), desde o sul destes estados até a região central, é caracterizada pela presença de planaltos com altitudes entre 600 a 700 m s.n.m, cobertas em sua maior parte por floresta seca e vegetação arbustiva.

Os municípios de Arraial e Regeneração, locais onde o estudo foi realizado, encontram-se na microrregião do Médio Parnaíba Piauiense. Arraial possui uma área de 655 km², entre as coordenadas 06°39'18" S e 42°31'55" W a uma altitude média de 338 s.n.m (Aguiar & Gomes 2004 a). A agricultura praticada no município é de subsistência com produção sazonal de feijão, arroz, mandioca e milho (IBGE 2006). O município de Regeneração possui uma área de 1.266 km², entre as coordenadas 06°14'16" S e 42°41'18" W, com altitude média de 164 m (Aguiar & Gomes 2004 b). A agricultura praticada no município é baseada na produção sazonal de arroz, cana-de-açúcar, fava, feijão, mandioca e milho (IBGE 2006).

As formas de relevo compreendem chapadas baixas com relevo plano com partes suavemente onduladas e altitudes variando de 150 a 300 metros; e chapadas altas, com relevo plano e altitudes entre 400 a 500 metros (Aguiar & Gomes 2004 a,b).

Os solos da região são provenientes da alteração de arenitos, siltitos, folhelhos, calcários, basaltos, laterita e gabros, variando entre solos podzólicos com manchas de Neossolo Quartzarênico e Latossolo. A região apresenta formações de cerrado *sensu stricto* (s.s.), caatinga, veredas e matas de galeria (Aguiar & Gomes 2004 a,b), e babaçuais.

O cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico na Chapada Grande Meridional é encontrado em manchas, intercaladas por outros tipos de vegetação ou solos e muitas vezes fragmentadas pelo uso antrópico. O relevo com a ocorrência de manchas de Neossolo Quartzarênico é plano a suavemente ondulado.

Dados sobre vegetação e variáveis ambientais

Para a coleta de dados sobre a vegetação, foi realizado um levantamento fitossociológico nas manchas de cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico distribuídas pela Chapada Grande Meridional, nos municípios de Regeneração e Arraial, com dez parcelas de 20 x 50 m, totalizando um hectare. Todas as plantas lenhosas com diâmetro igual ou maior a 5 cm foram identificadas e tiveram medidos a altura e diâmetro a 30 cm do solo. Foram coletadas cinco amostras simples de solo em sub-parcelas de 10m x 20 m, a 15 cm de

profundidade, para compor uma amostra composta por parcela. A localização e altitude das parcelas foram obtidas com auxílio do GPS Garmin, modelo E-trex Legend (*Datum* Córrego Alegre), com precisão menor que 15 m.

As análises químicas e físicas de solo foram realizadas nos Laboratórios de Química Analítica da EMBRAPA/CPAC, utilizando-se os métodos descritos pela EMBRAPA (1997, Nogueira & Souza 2005). Foram realizadas as análises de pH, acidez potencial (H+Al), concentrações disponíveis dos elementos: Al³⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, P⁺, K⁺, Mn²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺, Fe²⁺, Na⁺ e teor porcentual de matéria orgânica, areia, silte e argila.

As disponibilidades de fósforo, potássio e dos micronutrientes (cobre, ferro, manganês e zinco) foram determinadas com extração ácida (0,05 M H₂SO₄ + 0,05 M HCl) e medidas com o espectrofotômetro UV-visível, fotômetro de chama e espectrofotômetro de absorção atômica. Os nutrientes cálcio, magnésio e alumínio trocáveis foram extraídos com solução de KCl (1M). O alumínio foi determinado por titulação ácido-base com NaOH (0,01 M), e os elementos cálcio e magnésio, em espectrofotômetro de absorção atômica. Para o cálculo da saturação por bases foi utilizada também a acidez potencial (H+Al) obtida com extração por C₄H₆CaO₄ (0,5 M), seguida de titulação ácido-base com NaOH (0,02 M), de acordo com Embrapa (1997) e Nogueira & Souza (2005). O percentual de matéria orgânica foi calculado pelo método da oxidação por via úmida (Walkley & Black 1934). O pH foi medido numa solução 1:2,5 de solo-água e a textura foi determinada por diferenças de densidade das frações de diferentes granulometrias, pelo método da pipeta (Nogueira & Souza 2005).

A partir das análises químicas, foram calculadas, para cada parcela, a Capacidade de Troca Catiônica (CTC efetiva e T), a porcentagem de sódio trocável (PST), saturação de bases trocáveis (V) e saturação por alumínio trocável (m), através das equações (Embrapa 1999, Luz *et al.* 2002):

$$\begin{aligned} \text{CTC efetiva (cmol.kg}^{-1}\text{)} &= \text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+} + \text{Al}^{3+} \\ \text{T (cmol.kg}^{-1}\text{)} &= \text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+} + \text{H} + \text{Al} & \text{PST (\%)} &= (\text{Na}^+ / \text{CTC efetiva}) \times 100 \\ \text{V (\%)} &= (\text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+} / \text{T}) \times 100 & \text{m (\%)} &= (\text{Al}^{3+} / \text{CTC efetiva}) \times 100 \end{aligned}$$

Ordenação

Os fatores ambientais analisados (características químicas e físicas do solo e altitude) e a densidade absoluta das espécies foram ordenados por análise direta de gradientes, através da Análise de Correspondência Canônica (CCA) (Ter Braak 1986) com a utilização do programa CANOCO 4.02 (Ter Braak & Smilauer 1999), a fim de detectar relações entre as variáveis

ambientais e ocorrência e abundância das espécies nas parcelas. As densidades das espécies foram log-transformadas na base natural (Leps & Smilauer 2003) e os dados ambientais foram padronizados com base na média e desvio padrão, segundo Ter Braak (1986). Ambas as padronizações foram realizadas através do programa Microsoft Excel. Foram utilizadas as espécies que obtiveram densidade maior que 5 indiv.ha⁻¹ na amostragem, totalizando 30 espécies na análise. Após a primeira análise, foram eliminadas as variáveis com alta colinearidade, detectadas pelo alto valor de inflação ($\geq 20,0$), e as variáveis pouco correlacionadas com os eixos de ordenação, indicado pelo baixo valor dos coeficientes de correlação (menor que 0,3 no primeiro e segundo eixos), totalizando sete variáveis na análise. A significância da ordenação foi testada utilizando o teste de Monte Carlo (Ter Braak 1986).

Resultados e discussão

Caracterização da vegetação

No cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico na Chapada Grande Meridional, a densidade (930 indiv.ha⁻¹) e a riqueza, com 48 espécies e duas variedades, distribuídas em 45 gêneros e 26 famílias (Anexo 1), estão dentro dos limites encontrados para cerrado s.s. no bioma no Brasil Central, estabelecidos através da amostragem de 15 áreas disjuntas por Felfili *et al.* (2004), indicando a semelhança do cerrado marginal com a vegetação ao longo do bioma. Porém a área basal encontrada (12,84 m².ha⁻¹) foi superior àquelas geralmente observadas no Brasil Central (Felfili *et al.* 2004) enquanto a diversidade alfa pelo índice de Shannon ($H' = 2,75$ nats.indiv⁻¹) e equabilidade de Pielou ($J=0,70$) foram inferiores ao comumente encontrado no Brasil Central (Felfili *et al.* 2004). Estes últimos parâmetros foram influenciados pela dominância exercida por *Qualea grandiflora* (com 30,11% da densidade relativa) e *Parkia platycephala* (com 20,79% da dominância relativa).

As espécies amostradas na Chapada Grande Meridional representam uma mistura de espécies típicas dos cerrados do Nordeste, como *Aspidosperma multiflorum*, *Himatanthus drasticus*, *Byrsonima crassifolia*, *Stryphnodendron coriaceum*, *Parkia platycephala*, *Caryocar coriaceum*, *Copaifera coriacea*, *Combretum leprosum*, *Combretum mellifluum*, *Lafoensia vandelliana* e *Vitex flavens*; espécies de ampla distribuição no bioma, como as espécies de *Qualea grandiflora*, *Qualea parviflora* e *Sclerolobium paniculatum*, e que ocorrem na Caatinga, como *Cochlospermum regium*, *Luetzelburgia auriculata* e *Cenostigma gardnerianum*.

Na Tabela 1 estão listadas as 30 espécies que obtiveram densidade maior que 5 indiv.ha⁻¹ na amostragem, utilizadas na Análise de Correspondência Canônica (CCA) e indicadas as fisionomias onde ocorrem, além de cerrado s.s., baseado em Felfili *et al.* (2001), Mendonça *et al.* (1998) e Castro *et al.* (1998). As espécies analisadas correspondem a 61,22% das espécies amostradas e a 89,7% da densidade obtida no levantamento de cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico da Chapada Grande Meridional. *Qualea grandiflora* e *Parkia platycephala*, que possuíram a maior densidade, correspondem a quase metade dos indivíduos analisados (395). *Qualea grandiflora* representa 33,53% dos indivíduos analisados e *Astronium fraxinifolium*, *Combretum mellifluum*, *Vatairea macrocarpa*, *Eugenia dysenterica* e *Coccoloba* sp, que possuíram as menores densidades (Tabela 1), correspondem a 3,0%. A concentração da densidade em poucos indivíduos é uma característica marcante do cerrado s.s. (Felfili & Silva Junior 2001, 2005; Felfili *et al.* 2004, 2007), desta forma, o grupo de espécies com maior densidade define a estrutura da vegetação, e assim as respostas destas espécies aos parâmetros ambientais, definem as características da comunidade em maior escala.

Tabela 1. Espécies do cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico da Chapada Grande Meridional, Piauí, com densidade maior que 5 indiv.ha⁻¹ na amostragem, utilizadas na Análise de Correspondência Canônica (CCA) e as fisionomias típicas de ocorrência. N: indiv.ha⁻¹; MG: mata de galeria; MS: mata seca; Ce: cerradão; C: Cerrado..

Espécie	N	Fisionomia típica
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	280	C
<i>Parkia platycephala</i> Benth.	115	Ce, C
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	70	C
<i>Curatella americana</i> L.	34	Ce, C
<i>Sclerolobium paniculatum</i> Vogel	33	MG, C
<i>Diospyros hispida</i> A.DC.	32	C
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	32	C
<i>Hirtella ciliata</i> Mart. & Zucc.	28	C
<i>Anacardium occidentale</i> L.	21	C
<i>Psidium</i> sp	19	C
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	17	C
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	16	C
<i>Andira vermifuga</i> Mart. ex Benth.	14	Ce, C

Continua.

Tabela 1. Continuação.

Espécie	N	Fisionomia típica
<i>Stryphnodendron coriaceum</i> Benth.	13	C
<i>Dimorphandra gardneriana</i> Tul.	12	C
<i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil.	11	C
<i>Salacia elliptica</i> A.St.-Hil.	9	C
<i>Salvertia convallariodora</i> (Mart. ex Schult.) G.Don	8	C
<i>Annona coriacea</i> Mart.	7	Ce, C
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	7	Ce, C
<i>Ouratea</i> sp	7	C
<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & J.D.Hook.	7	MS, C
<i>Combretum duarteanum</i> Cambess.	6	MG, Ce, C
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	6	Ce, C
<i>Lafoensia vandelliana</i> Cham. & Schltldl.	6	MS, C
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott ex Spreng.	5	MG, MS, C
<i>Combretum mellifluum</i> Eichler	5	MG, MS, C
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	5	Ce, C
<i>Eugenia dysenterica</i> Mart. Ex DC.	5	Ce, C
<i>Coccoloba</i> sp	5	C
Outras (19 espécies)	38	

¹Fonte: Felfili *et al.* (2001), Mendonça *et al.* (1998) e Castro *et al.* (1998).

Das espécies analisadas (Tabela 1), 16 (53,33%) possuem ampla distribuição no Cerrado (Ratter *et al.* 2003, 2005), 46,6% ocorrem também em fisionomias florestais, como cerradão, mata seca e mata de galeria. A relação dinâmica existente entre vegetações florestais e savânicas durante o Pleistoceno, com a expansão das savanas e contração da Floresta Amazônica nos períodos glaciais e vice-versa, nos períodos interglaciais, promoveu padrões complexos na flora e fragmentação de populações (Ratter *et al.* 1997, Oliveira-Filho & Ratter 2002). Com isso, as formações do bioma, apesar de apresentarem uma flora específica em geral, compartilham espécies das formações savânicas e florestais que se intercalam no espaço geográfico, em função das condicionantes ambientais (Silva *et al.* 2006). Dessa forma, o Cerrado compõem-se de espécies peculiares do bioma e de espécies que ocorrem também em outros biomas adjacentes ou fisionomias florestais e que possuem significado ecológico,

como demonstrado pelas abundâncias, corroborando com a discussão de Castro & Martins (1999) & Ratter *et al.* (2005), sobre espécies peculiares e não-endêmicas no bioma Cerrado. Das 300 espécies mais comuns no Cerrado, 65,3% estão associadas com floresta atlântica, floresta amazônica ou mata seca (Ratter *et al.* 2005), sendo a proporção de espécies encontradas também na floresta atlântica maior do que as espécies que também são encontradas na floresta amazônica (Méio *et al.* 2003, Ratter *et al.* 2005).

A ocorrência de espécies de outras fisionomias no cerrado s.s., revela que muitas espécies possuem elevada plasticidade para a colonização de diferentes ambientes em relação à umidade e fertilidade do solo, indicando que pequenas variações podem permitir o estabelecimento dessas espécies, mesmo em um solo relativamente homogêneo e distrófico, como o Neossolo Quartzarênico.

Caracterização ambiental

No geral, o Neossolo Quartzarênico encontrado na Chapada Grande Meridional pode ser considerado ácido, variando de 4,88 a 5,54, com pouca variação entre as parcelas (Tabela 2) e distrófico (com saturação por bases menor que 50%), com exceção da P1 e P8, que mostraram valores superiores a 50% (Tabela 2), de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa 1999, IBGE 2007). Os coeficientes de variações obtidos para as variáveis do solo (Tabela 2) possuem valores moderados a elevados (maior que 20% e 30%, respectivamente), indicando variações das propriedades dos solos entre as parcelas.

Analisado o teor de cálcio, que variou de 0,01 a 0,58 cmol.kg^{-1} com uma grande variação entre as parcelas (Coeficiente de Variação (CV) de 162,87%), com a P1 com o valor máximo (Tabela 2), todas as parcelas se enquadram nos limites propostos para solos distróficos que possuem concentração deste macronutriente inferior a 2,0 cmol.kg^{-1} (Lopes 1983, Haridasan 1992). De acordo com Lathwell & Grove (1986), a retenção do cálcio é devido, principalmente, à matéria orgânica encontrada na superfície.

A quantidade de matéria orgânica encontrada nos solos arenosos do cerrado s.s. na Chapada Grande Meridional é baixa, variando de 0,21% a 0,36%, com moderada variação entre as parcelas (CV de 17,90%) e encontra-se abaixo dos limites encontrados para o cerrado, de 0,7 a 6,0 % (Furley & Ratter 1998).

Tabela 2. Variáveis ambientais encontradas para dez parcelas amostradas no cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico da Chapada Grande Meridional, Piauí. MO: matéria orgânica; PST: Porcentagem de Sódio Trocável; CTC: capacidade de troca catiônica no pH atual do solo; T: capacidade de troca catiônica no pH 7; V: saturação de bases; m: saturação por alumínio; DS: desvio padrão; IC: intervalo de confiança ($\mu \pm t_{\alpha(2), 9} \cdot DS$; $\alpha = 0,05$); CV; coeficiente de variação, *: valores fora do intervalo de confiança para a média.

Variáveis / Parcelas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média (DS)	IC	CV (%)
pH (H ² O)	5,54	5,07	5,14	4,88	5,10	5,20	5,04	5,26	4,92	4,94	5,10 (0,19)	$\mu \pm 0,44$	3,80
Al ³⁺ (cmolc.kg ⁻¹)	0,32	0,60	0,74	1,52	0,79	0,86	0,98	0,50	0,87	1,16	0,83 (0,34)	$\mu \pm 0,77$	40,78
H+Al (cmolc.kg ⁻¹)	1,60	1,72	1,88	2,34	2,38	2,14	2,38	1,32	2,04	2,12	1,99 (0,36)	$\mu \pm 0,81$	17,98
Cu ²⁺ (mg.L ⁻¹)	0,50	0,60	0,50	0,50	0,60	0,50	0,50	0,60	0,60	0,70	0,56 (0,07)	$\mu \pm 0,16$	12,48
Fe ²⁺ (mg.L ⁻¹)	48,50	51,6	35,2	80,3	53,6	59,2	154,6*	51,1	57,1	66,3	65,75 (33,36)	$\mu \pm 75,47$	50,74
Zn ²⁺ (mg.L ⁻¹)	0,50	0,10	0	0,20	0,30	0,30	0,30	0,30	0,20	0,20	0,24 (0,13)	$\mu \pm 0,31$	56,24
Mn ²⁺ (mg.L ⁻¹)	17,8	34	76*	10,3	17,4	24,4	6,8	46,2	21,6	17,6	27,21 (20,56)	$\mu \pm 46,52$	75,57
P ⁺ (mg.L ⁻¹)	0,36	0,22	0,30	0,28	0,35	0,34	0,36	0,21	0,33	0,30	0,30 (0,05)	$\mu \pm 0,12$	17,90
Ca ²⁺ (cmolc.kg ⁻¹)	0,58*	0,08	0,09	0,02	0,01	0,07	0,06	0,06	0,02	0,05	0,10 (0,17)	$\mu \pm 0,38$	162,87
Mg ²⁺ (cmolc.kg ⁻¹)	0,33	0,15	0,15	0,11	0,18	0,16	0,26	0,16	0,07	0,18	0,17 (0,07)	$\mu \pm 0,17$	41,83
K ⁺ (cmolc.kg ⁻¹)	1,31	1,08	1,13	1,29	1,00	1,26	1,55	1,13	0,54*	1,16	1,15 (0,26)	$\mu \pm 0,59$	22,75
Na ⁺ (cmolc.kg ⁻¹)	0,03	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,03	0,02 (0,02)	$\mu \pm 0,04$	110,65
Argila (%)	3,00	5,00	6,00	4,00	5,00	5,00	6,00	6,00	5,00	4,00	4,90 (0,99)	$\mu \pm 2,25$	20,29
Silte (%)	1,00*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10 (0,32)	$\mu \pm 0,72$	316,22
Areia grossa (%)	7,00	6,00	1,00	0,00	1,00	4,00	1,00	3,00	1,00	2,00	2,60 (2,37)	$\mu \pm 5,35$	91,01
Areia fina (%)	89,00	89,00	93,00	96,00	94,00	91,00	93,00	91,00	94,00	94,00	92,40 (2,32)	$\mu \pm 5,25$	2,50
MO (%)	0,36	0,22	0,30	0,28	0,35	0,34	0,36	0,21	0,33	0,30	0,31 (0,05)	$\mu \pm 0,12$	17,90
CTC (cmolc.kg ⁻¹)	2,58	1,91	2,13	2,97	1,98	2,35	2,88	1,85	1,50	2,58	2,27 (0,48)	$\mu \pm 1,08$	21,01
PST (%)	1,30	0,00	0,77	1,13	0,00	0,00	1,16	0,00	0,00	1,29	0,66 (0,61)	$\mu \pm 1,39$	92,75
T (cmolc.kg ⁻¹)	3,86	3,03	3,27	3,79	3,57	3,63	4,28	2,67	2,67	3,54	3,43 (0,52)	$\mu \pm 1,18$	15,17
V (%)	58,52	43,27	42,51	38,28	33,42	41,08	44,38	50,63	23,62	40,16	41,96 (9,32)	$\mu \pm 21,09$	22,22
m (%)	12,42	31,38	34,74	51,15	39,81	36,56	34,04	26,98	57,96	44,92	36,67 (12,74)	$\mu \pm 28,82$	34,74
Altitude (m)	215,00	191,00	188,00	170,00	191,00	169,00	184,00	184,00	168,00	175,00	183,50 (14,26)	$\mu \pm 32,26$	7,77

No geral, as deficiências dos nutrientes nos solos arenosos são devidas, principalmente, ao material parental, que possui pouco desses elementos e a lixiviação remove o pouco que originalmente o solo continha (Brady & Weil 2002), devido ao tamanho dos grãos de areia e pouca porcentagem de argila. Além disso, as baixas porcentagens de argila, que variaram de 3 a 6% com moderada variação entre as parcelas (CV de 20,29%), e de matéria orgânica encontradas, promovem uma pequena carga negativa no solo e conseqüentemente uma baixa capacidade de retenção de cátions (variando de 1,5 a 2,58 cmol.kg^{-1} , com moderada variação entre as parcelas, com CV de 21,01%), que são então, lixiviados.

Nas parcelas analisadas, apenas a P4 e P9 possuem saturação por alumínio acima de 50% e, com isso, possuem caráter álico, definido quando a saturação por alumínio é maior que 50% (Embrapa 1999, IBGE 2007). Os solos analisados possuíram baixa capacidade de troca catiônica, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa 1999, IBGE 2007) (CTC menor que 27 cmolc.kg^{-1}), refletindo a sua textura arenosa, com baixa porcentagem de argila e baixa porcentagem de matéria orgânica (Tabela 2).

O teor de alumínio variou de 0,32 a 1,52 cmol.kg^{-1} com CV de 40,78%, sendo que a P4 obteve o maior valor, fora do limite superior do intervalo de confiança (Tabela 2). A P4, que teve o maior teor de alumínio (1,52 cmol.kg^{-1}), foi a parcela com maior densidade, que variou de 66 a 134 nas dez parcelas amostradas na Chapada Grande Meridional. De acordo com Goodland (1971) e Goodland & Ferri (1979), os cerrados apresentam um oligotrofismo aluminotóxico, onde há influência do caráter tóxico do alumínio sobre a vegetação, o que determina um gradiente de diminuição da fitomassa com maior concentração deste elemento e menor fertilidade nos solos, o que não foi corroborado neste estudo ($P = 0,30$), assim como em outros trabalhos realizados em cerrado s.s. ou outras fisionomias, como o cerradão (Haridasan 1987, 1992, Marimon *et al.* 2001, Ruggiero *et al.* 2002, Marimon-Junior & Haridasan 2005). Essa parcela foi a que teve o pH mais baixo, relacionado com o maior teor de alumínio ($r = 0,826$, $P = 0,003$) (Tabela 2), já que este é um componente que contribui para a acidez do solo (Goedert 1987, Brady & Weil 2002).

Na Chapada Grande Meridional, o gradiente do fósforo foi bem inferior ao encontrado na maioria das outras análises de Neossolo Quartzarênico sob cerrado s.s. Enquanto o gradiente do fósforo encontrado nessa área variou de 0,21 a 0,36 mg.L^{-1} , com pouca variação entre as parcelas (Tabela 2), no Neossolo Quartzarênico da Chapada do Espigão Mestre do São Francisco, foram encontrados de 0,8 a 23,8 mg.L^{-1} (Haridasan 2001) e na Chapada dos Veadeiros, variou de 0,50 a 6,7 mg.L^{-1} , entre Neossolo Quartzarênico e Litossolo (Haridasan

2007). Os solos do cerrado possuem conhecida deficiência em fósforo (Lathwell & Grove 1986, Sousa & Lobato 2004), sendo que mais de 90% dos solos do cerrado possuem cerca de $0,4 \text{ mg.L}^{-1}$ de fósforo disponível, enquanto os limites encontrados variam de $0,1$ a $16,5 \text{ mg.L}^{-1}$ (Furley & Ratter 1988).

O magnésio variou de $0,07$ a $0,33 \text{ cmol.kg}^{-1}$, com elevada variação entre as parcelas (CV de 41,83%), sendo que todas as parcelas encontraram-se abaixo do nível crítico de magnésio trocável no solo (menor ou igual a $0,5 \text{ cmol.kg}^{-1}$), sendo que a maioria dos solos do cerrado possuem deficiência neste nutriente (Lopes 1983, Furley & Ratter 1998). Apesar da carência de magnésio no Neossolo Quartzarênico da Chapada Grande Meridional, não foi encontrada relação com a densidade ($P = 0,47$). Na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco, o teor de magnésio variou de $0,019$ a $0,16 \text{ cmol.kg}^{-1}$ (Haridasan 2001) e na Chapada dos Veadeiros, de $0,06$ a $1,97 \text{ cmol.kg}^{-1}$, sendo as maiores quantidades encontradas em Litossolo (Haridasan 2007).

Esse macronutriente é relacionado diretamente com o pH do solo (Brady & Weil 2002), muito utilizado para a correção de solos ácidos (Goedert 1987). Além disso, o magnésio é facilmente transportado dentro das plantas, das folhas velhas para as novas, e dessa forma, as folhas mais antigas são as primeiras a serem afetadas por um baixo suprimento de magnésio (Goedert 1987, Brady & Weil 2002). Isto é comum em solos arenosos com baixa CTC, e conhecido como “afogamento por areia” (*sand drown*), pois se assemelha aos sintomas causados pela falta de oxigênio em solos com saturação hídrica (Brady & Weil 2002).

O potássio encontrado na Chapada Grande Meridional variou de $0,54$ a $1,55 \text{ cmol.kg}^{-1}$ com CV de 22,75%, sendo que a P9 possuiu o menor valor, abaixo do limite inferior do intervalo de confiança (Tabela 2). Estes valores, no geral, encontram-se acima dos valores comumente encontrados para o cerrado, entre $0,02$ e $0,61 \text{ cmol.kg}^{-1}$ (Lopes 1983, Furley & Ratter 1998) e, nos solos arenosos da Chapada do Espigão Mestre, o potássio variou de $0,027$ a $0,162 \text{ cmol.kg}^{-1}$ (Haridasan 2001). O potássio é necessário para a ativação de diversas enzimas, com papel na absorção de água pelas raízes.

Os solos da Chapada Grande Meridional possuíram teor de zinco variando de 0 a $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$, com elevada variação entre as parcelas (Tabela 2). Este elemento possui como nível crítico para as plantas $0,8 \text{ mg.L}^{-1}$, sendo que 80% dos solos do cerrado encontram-se abaixo desse nível (Furley & Ratter 1988). Nos solos arenosos da Chapada do Espigão Mestre do São Francisco, a variação foi de $0,39$ a $1,02 \text{ mg.L}^{-1}$ (Haridasan 2001), e em Litossolos na Chapada dos Veadeiros, entre $0,5$ a $3,0 \text{ mg.L}^{-1}$. Esse micronutriente desempenha papel na síntese de

proteínas e de alguns hormônios de crescimento e no processo de produção e maturação de sementes em algumas plantas (Brady & Weil 2002).

O ferro encontrado na Chapada Grande Meridional variou de 35,2 a 154,6 mg.L⁻¹, com elevada variação entre as parcelas (CV de 50,74%), sendo que a P7 obteve o maior valor, fora do intervalo de confiança. Os valores encontrados, com exceção da P7, encontra-se entre o intervalo comumente encontrado nos solos de cerrado, que não apresentam deficiência de ferro (Lopes 1983, Furley & Ratter 1998), variando entre 3,7 a 74 mg.L⁻¹ (Lopes 1983). No Neossolo Quartzarênico na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco, o ferro variou de 43 a 74 mg.L⁻¹ (Haridasan 2001).

O manganês nos solos da Chapada Grande Meridional variou entre 6,8 a 76,00 mg.L⁻¹, com elevada variação entre as parcelas (CV de 75,57%), com a P3 com o maior valor, fora do limite superior do intervalo (Tabela 2). O teor obtido encontra-se entre os valores comumente observados para o cerrado, entre 0,6 a 92,2 mg.L⁻¹ (Lopes 1983, Furley & Ratter 1998), acima do nível considerado crítico (5,0 mg.L⁻¹ a pH 6) para o cultivo de plantas (Lopes 1983).

A P1 foi a que obteve maior pH (5,54), os maiores teores de cálcio (0,58 cmol.kg⁻¹), fósforo (0,36 cmol.kg⁻¹) e magnésio (0,33 cmol.kg⁻¹), maior saturação por bases (58,52%) e menor saturação por alumínio (12,41%), além de maior porcentagem de areia grossa (7%). Todos estes parâmetros encontram-se dentro do intervalo de confiança, com exceção do teor de cálcio (Tabela 2). Essa parcela foi a que se localizou mais ao norte (no município de Regeneração) e com maior altitude (215 m). A menor acidez encontrada nesse solo está relacionada com a presença de silte, a única parcela com a ocorrência deste elemento (Tabela 2), pois houve uma alta correlação entre o silte e o pH ($r = 0,77$, $P = 0,008$) e teor de cálcio ($r = 0,98$, $P < 0,001$). A maior fertilidade encontrada nesse solo pode estar relacionada com a proximidade de uma mata de galeria.

O sódio encontrado nessas áreas, que variou de 0 a 0,03 cmol.kg⁻¹, com grande variação entre as parcelas (CV de 110,65%), deve ser transportado por chuvas e ventos com influências marítimas, como também ocorre na Austrália (CRC 1994). Este argumento é fortemente corroborado comparando com a concentração de sódio encontrada no Parque Nacional de Sete Cidades (PNSC), no Piauí. O PNSC encontra-se a 140 km de distância do litoral e possuiu concentrações de sódio bem mais elevadas (de 0,6 a 0,16 cmol.kg⁻¹) do que a Chapada Grande Meridional, sendo que algumas parcelas do PNSC foram consideradas com caráter solódico, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa 1999, IBGE 2007), por possuírem porcentagem de sódio (PST) entre 6% e 15%. Já a Chapada Grande Meridional não possuiu nenhuma parcela com concentração de sódio suficiente para

poder caracterizar o solo como solódico (PST entre 0 a 1,30%, com CV de 92,75%) e as áreas estudadas encontram-se mais distantes do litoral (aproximadamente 445 km).

Ordenação

As variáveis ambientais que tiveram maior influência na vegetação foram: altitude e teores de Zn^{2+} , Na^+ , P^+ , K^+ , Al^{3+} e areia grossa, conforme pode ser visualizados nas Figuras 2 e 3.

A CCA mostrou uma correlação significativa em todos os eixos ($F=1,568$, $P=0,03$), com o primeiro e segundo eixos explicando 51,1% da variação dos dados (autovalores de 0,364 e 0,317, respectivamente). As variáveis mais correlacionadas com o primeiro eixo de ordenação foram teores de sódio e potássio e o segundo eixo foi relacionado com os teores de alumínio, zinco, fósforo, areia grossa e altitude (Tabela 3). Dessa forma, o diagrama de ordenação mostra uma variação de salinidade no primeiro eixo e de fertilidade e textura no segundo eixo (Figuras 2 e 3).

Tabela 3. Valores de correlação das variáveis nos primeiro e segundo eixos da Análise de Correspondência Canônica (CCA) para as amostras compostas de solos (0-15 cm de profundidade) do cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico na Chapada Grande Meridional, Piauí.

Variáveis	Eixo 1	Eixo 2
Na^+	0,6954	0,0793
K^+	0,3871	0,0599
Al^{3+}	0,3969	-0,7485
Zn^{2+}	0,2548	0,7017
P^+	0,0901	0,4889
Areia grossa	0,1296	0,7461
Altitude	0,7240	0,3333
Auto-valor	0,364	0,317
Variância cumulativa (%)	27,3	23,8

Oliveira-Filho *et al.* (1989), analisando um gradiente de cerrado sobre solos arenosos na Chapada dos Guimarães, no Mato Grosso, não encontraram diferenças na fertilidade e textura do solo, e as variações da vegetação foram associadas às diferenças no regime de água nos solo e declividade, devido à topografia e rochiosidade do solo. No presente estudo, a variação da vegetação, analisada em um relevo suave-ondulado, mostrou correlações positivas

com a fertilidade e textura do solo. Esses trabalhos evidenciam o fato de que, dependendo da paisagem estudada, alguns fatores influenciam mais que outros na variação da vegetação, e que tanto a topografia, quanto a drenagem, fertilidade e textura do solo, são importantes fatores a serem levados em consideração nas análises de vegetação, mesmo em solos relativamente homogêneos, como os Neossolos Quartzarênicos.

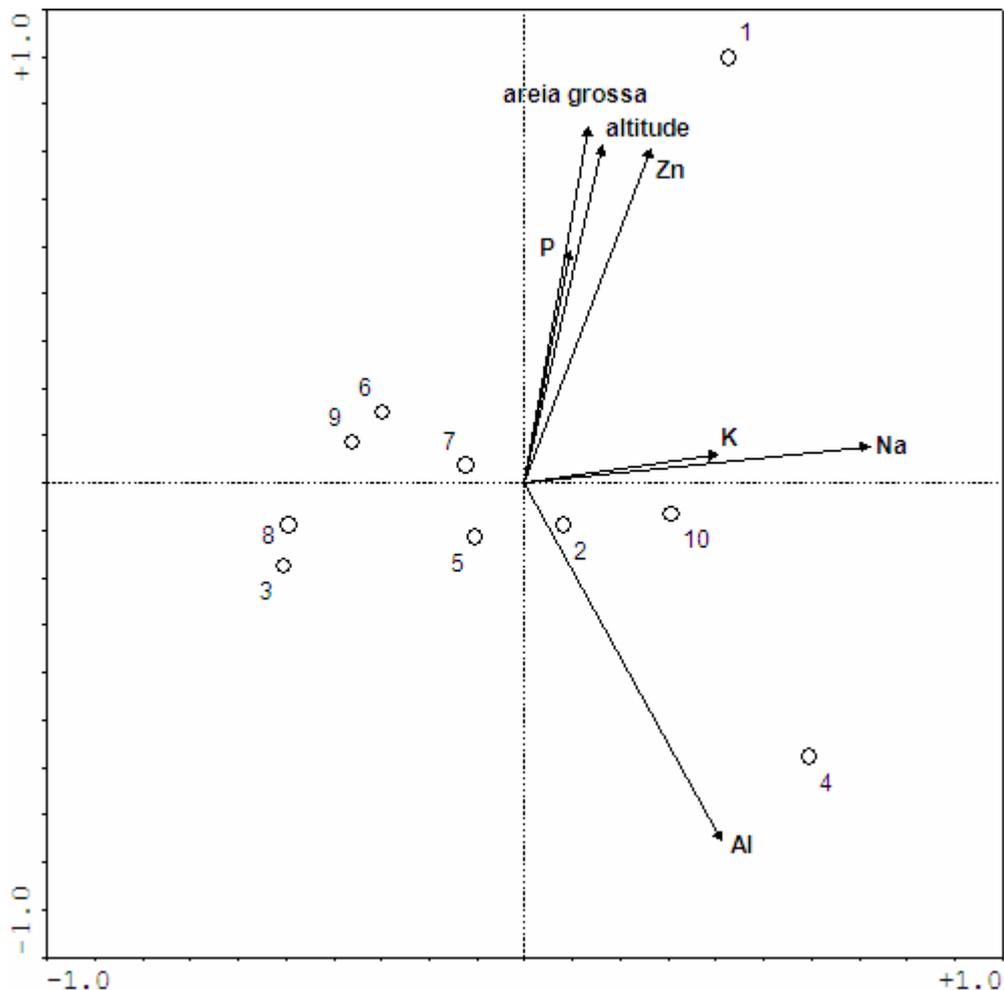


Figura 2. Diagrama de ordenação produzido pela Análise de Correspondência Canônica (CCA) entre parcelas (indicadas pelos números de 1 a 10) e propriedades do Neossolo Quartzarênico e altitude do cerrado *sensu stricto* da Chapada Grande Meridional, Piauí. P: fósforo, Zn: zinco, K: potássio, Na: sódio, Al: alumínio.

A concentração da maioria das parcelas no centro do diagrama de ordenação (Figura 2) mostra que as variáveis ambientais analisadas foram relativamente uniformes pela área estudada e, dessa forma, as variações entre as parcelas não exerceram muita influência na diferenciação florística. Com isso, a diferenciação florístico-estrutural entre as parcelas é principalmente devido às diferenças nas densidades das espécies, revelando uma alta diversidade beta mesmo em um solo relativamente homogêneo.

A P1, que obteve os maiores valores para a fertilidade do solo e porcentagem de areia grossa, como evidenciado na caracterização do solo (Tabela 2), encontra-se na extremidade do segundo eixo (Figura 2), representando o extremo dos gradientes obtidos para as variáveis analisadas.

A maioria das espécies não respondeu à variação dos gradientes encontrados e ficaram concentradas no centro do diagrama, mostrando uma correlação negativa com o sódio no primeiro eixo (Figura 3). Isto evidencia que, apesar de pouca quantidade de sódio encontrado nos solos da Chapada Grande Meridional, foi suficiente para influenciar no estabelecimento de algumas espécies.

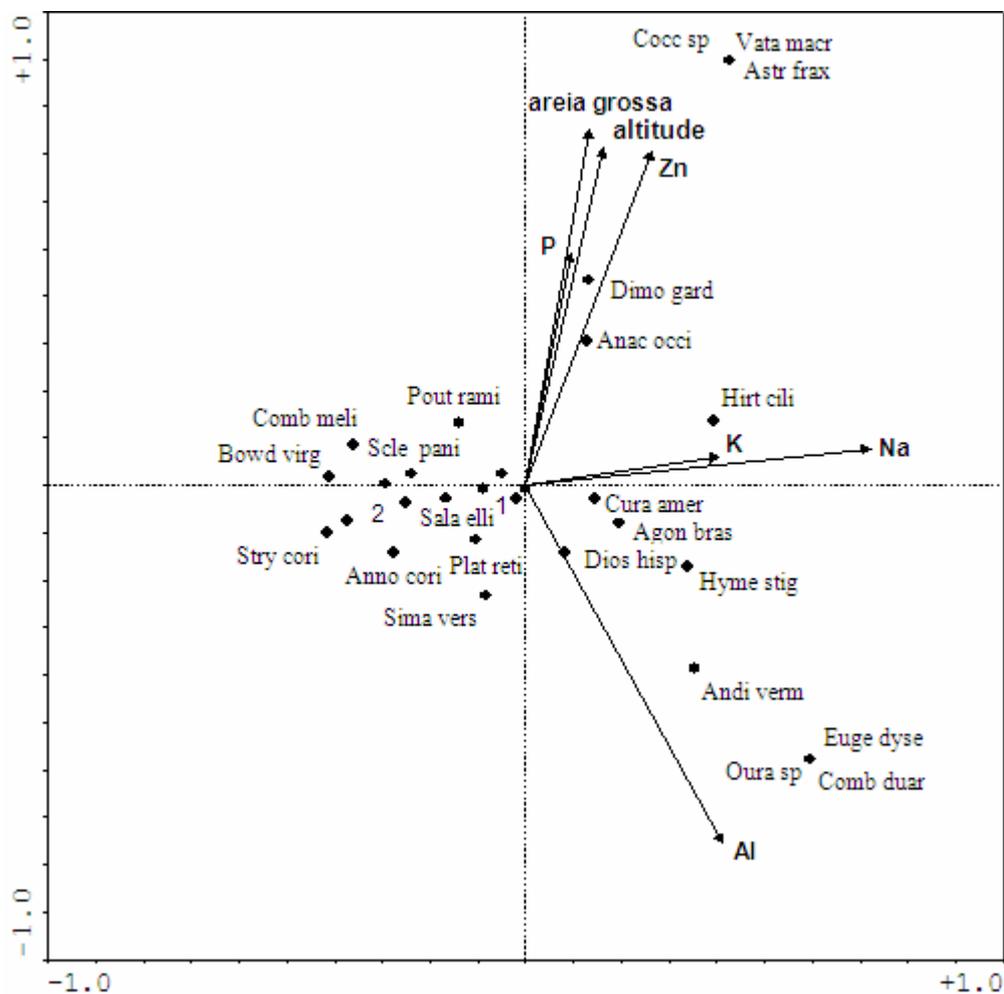


Figura 3. Diagrama de ordenação produzido pela Análise de Correspondência Canônica (CCA), baseado na densidade absoluta de espécies e propriedades do Neossolo Quartzarênico e altitude do cerrado *sensu stricto* da Chapada Grande Meridional, Piauí. P: fósforo, Zn: zinco, K: potássio, Na: sódio, Al: alumínio; 1: Qual gran, Salv conv, Parki plat, Byrs crass; 2: Qual parv, Psid sp, Lafo vand. Códigos das espécies referem-se às quatro primeiras letras do binômio da nomenclatura botânica na Tabela 1.

As espécies mais correlacionadas com o sódio (Figura 3) foram *Eugenia dysenterica*, *Combretum duarceanum* e *Ouratea* sp. Dessa forma, *Eugenia dysenterica* e *Combretum duarceanum* podem ser utilizadas para a recuperação de áreas na região com solos distróficos e álicos, pois apresentaram correlação negativa com os nutrientes zinco e fósforo e foram fortemente correlacionadas com o alumínio.

As espécies mais correlacionadas com o potássio foram *Hirtella ciliata*, *Hymenaea stigonocarpa*, *Vatairea macrocarpa*, *Astronium fraxinifolium*, *Coccoloba* sp e *Andira vermifuga*. Destas espécies, apenas *Hirtella ciliata* não ocorre em formações florestais (Tabela 1) e é característica dos cerrados do Nordeste (Castro *et al.* 1998, Bridgewater *et al.* 2004).

As espécies mais correlacionadas com o fósforo foram *Anacardium occidentale* e *Dimorphandra gardneriana*. *Anacardium occidentale* possui ampla distribuição pelo Cerrado (Ratter *et al.* 2003, 2005, Castro *et al.* 1998) e *Dimorphandra gardneriana* possui uma distribuição mais restrita aos cerrados do Nordeste.

A pouca variação encontrada no gradiente do fósforo nessa área explica o baixo número de espécies mais correlacionadas com esta variável (Figura 3), pois os solos analisados revelaram-se praticamente homogêneos em relação ao teor de fósforo encontrado.

As espécies mais relacionadas com o zinco foram *Vatairea macrocarpa*, *Astronium fraxinifolium* e *Coccoloba* sp. (Figura 3). O gênero *Coccoloba* costuma ser abundante em florestas estacionais (Goodland & Ferri 1979). *Astronium fraxinifolium* só ocorreu na P1 e é indicadora de solos mesotróficos (Ratter *et al.* 2003, 2005, Castro *et al.* 1998) e também ocorre em outras áreas de cerrado do Piauí (Castro *et al.* 1998; Farias & Castro 2004) e matas de galeria (Felfili *et al.* 2001). *Vatairea macrocarpa* também ocorre nas matas de galeria no Brasil Central (Felfili *et al.* 2001) e cerradão (Mendonça *et al.* 1998). Estas espécies, também correlacionadas com o potássio no primeiro eixo, indicam a sua ocorrência em ambientes com teor mais elevado de nutrientes.

A correlação entre areia grossa e altitude (Figuras 2 e 3) pode indicar locais mais secos, pois a areia grossa permite uma maior drenagem no solo.

A CCA mostrou que as variáveis edáficas e altitude das parcelas explicaram mais da metade da variação na densidade e composição de espécies entre as parcelas. Os autovalores indicam um gradiente curto, onde poucas parcelas se destacaram pela presença de algum nutriente a mais, como alumínio, fósforo, potássio ou zinco. Plantas nativas, adaptadas à acidez e à baixa disponibilidade de nutrientes parecem responder às pequenas diferenças na fertilidade, assim como à presença de sódio nas parcelas. Estudos de ecofisiologia em relação

aos níveis críticos de nutrientes para plantas nativas, como sódio, assim como fluxo de água no solo e sua relação com a vegetação poderão elucidar os padrões aqui encontrados.

Na Chapada Grande Meridional, fatores como o corte seletivo e a predação exercida por caprinos e bovinos podem influenciar a ocorrência e distribuição das espécies, e estudos voltados para esses impactos podem também auxiliar na determinação do padrão de distribuição da vegetação.

Conclusão

Na Chapada Grande Meridional, nem todas as parcelas possuíam o solo com caráter álico ou distrófico (em relação a saturação por bases), embora as porcentagens de saturação por alumínio e bases e os teores de nutrientes encontrados estejam dentro do intervalo comumente observado em outras áreas de cerrado.

Os solos analisados pela CCA na Chapada Grande Meridional revelaram-se com baixos gradientes em relação à variação da fertilidade, tornando o ambiente mais homogêneo e com pouca diferenciação florística das espécies de cerrado s.s. encontrados sobre Neossolo Quartzarênico. Mas pequenas diferenças encontradas na fertilidade, textura e salinidade do solo são suficientes para determinar diferentes densidades das espécies, promovendo uma elevada diversidade beta entre as parcelas analisadas.

A concentração de sódio parece influenciar a distribuição da vegetação e deve estar correlacionada com a distância do mar, mas a concentração encontrada não é o suficiente para caracterizar os solos da Chapada Grande Meridional como solódicos ($PST \leq 6\%$).

As espécies *Eugenia dysenterica* e *Combretum duar-teanum* são recomendadas para a recuperação de áreas na Chapada Grande Meridional, uma vez que, na área estudada, elas estão relacionadas com solos distróficos, álicos e com presença de sódio.

Agradecimentos

Agradecemos à equipe de campo e ao BIOTEN que apoiaram o desenvolvimento da pesquisa na Chapada Grande Meridional, ao CNPq-PELD e Programa de Pós Graduação em Ecologia – UnB pelo auxílio, Laboratório de Química Analítica da EMBRAPA/CPAC pela análise dos solos e ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado.

Referências bibliográficas

- AGUIAR, R.B; GOMES, R.B.C. 2004 a. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, Estado do Piauí: diagnóstico do município de Arraial. CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Fortaleza. 19p.
- AGUIAR, R.B; GOMES, R.B.C. 2004 b. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, Estado do Piauí: diagnóstico do município de Regeneração. CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Fortaleza, 21p.
- BRADY, N.C. & WEIL, R.R. 2002. The nature and properties of soils. Prentice Hall, New Jersey, 960 p.
- BRIDGEWATER, S.; RATTER, J.A.; RIBEIRO, J.F. 2005. Biogeographic patterns, β -diversity and dominance in the cerrado biome of Brazil. *Biodiversity and Conservation* 13: 2295-2318.
- CAMPOS, E.P., DUARTE, T.G., NÉRI, A.V., SILVA, A.F., MEIRA-NETO, J.A.A, VALENTE, G.E. 2006. Composição florística de um trecho de cerradão e cerrado *sensu stricto* e sua relação com o solo na Floresta Nacional (FLONA) de Paraopeba, MG, Brasil. *Revista Árvore* 30 (3):471-479.
- CASTRO, A.A.J.F. & MARTINS, F.R. 1999. Cerrados do Brasil e do Nordeste: caracterização, área de ocupação e considerações sobre a sua fitodiversidade. *Pesquisa Foco* 7(9):147-178.
- CASTRO, A.A.J.F.; MARTINS, F.R.; FERNANDES; A.G. 1998. The woody flora of cerrado vegetation in the State of Piauí, Northeastern Brazil. *Edinburgh Journal of Botany* 55(3): 455-472.
- COSTA, J.M., FARIAS, R.R.S.; CASTRO, A.A.J.F.; CASTRO, N.M.C.F. 2007. Diagnóstico ambiental da Chapada Grande Meridional: levantamento de potencialidades. *Publicações Avulsas em Conservação de Ecossistemas* 14: 1-28.
- CRC – COOPERATIVE RESEARCH CENTRE FOR SOIL & LAND MANAGEMENT. 1994. Technical Note: Introduction to soil sodicity. University of Adelaide / CSIRO Division of Soils / South Australian Research and Development Institute, p 1- 4.
- EITEN, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. *Botanical Review* 38: 201-304.
- EMBRAPA. 1997. Manual de métodos de análise de solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro, 212 p.
- EMBRAPA. 1999. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro, 412 p.

- FARIAS, R.R.S. & CASTRO, A.A.J.F. 2004. Fitossociologia de trechos da vegetação do Complexo de Campo Maior, Campo Maior, PI, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 18(4): 949-963.
- FELFILI, J.M, REZENDE, A.V., SILVA JÚNIOR, M.C. 2007. Biogeografia do Bioma Cerrado: vegetação e solos da Chapada dos Veadeiros. Editora Universidade de Brasília/Finatec, Brasília, 256p.
- FELFILI, J.M. & SILVA JÚNIOR, M.C. 1993. A comparative study of cerrado (*sensu stricto*) vegetation in Central Brazil. *Journal of Tropical Biology* (9): 277-289.
- FELFILI, J.M. & SILVA JÚNIOR, M.C. 2001. Biogeografia do Bioma Cerrado: estudo fitofisionômico na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco. UnB/FT/Departamento de Engenharia Florestal, Brasília, 144p.
- FELFILI, J.M. & SILVA JÚNIOR, M.C. 2005. Diversidade alfa e beta no cerrado *sensu stricto*, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais e Bahia. Pp: 143-154. *In: Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação* (A. Scariot, J.C. Sousa-Silva, J.M. Felfili, orgs.). Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- FELFILI, J.M., MENDONÇA, R.C., WALTER, B.M.T., SILVA JÚNIOR, M.C., NÓBREGA, M.G.G., FAGG, C.W., SEVILHA, A.C., SILVA, M.A. 2001. Flora fanerogâmica das Matas de Galeria e Ciliares do Brasil Central. *In: Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria* (J.F. Ribeiro, C.E.L. Fonseca, J.C. Souza-Silva, J.C., orgs.). Embrapa Cerrados, Planaltina, p: 195-263
- FELFILI, J.M., SILVA JÚNIOR, M.C., SEVILHA, A.C., FAGG, C.W., WALTER, B.M.T.W., NOGUEIRA, P.E, REZENDE, A.V. 2004. Diversity, floristic and structural patterns of cerrado vegetation in Central Brazil. *Plant Ecology* 175: 37-46.
- FELFILI, M.C & FELFILI, J.M. 2001. Diversidade alfa e beta no cerrado *sensu stricto* da Chapada Pratinha, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 15(2): 243-254.
- FURLEY, P.A & RATTER, J.A. 1988. Soil resources and plant communities of the central Brazilian cerrado and their development. *Journal of Biogeography* 15(1): 97-108.
- GOEDERT, W.J. 1987. Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. Nobel/EMBRAPA-CPAC, São Paulo / Brasília, 422 p.
- GOODLAND, R. & FERRI, M.G. 1979. *Ecologia do Cerrado*. Ed. Itatiaia, belo Horizonte, 193 p.
- GOODLAND, R. & POLLARD, R. 1973. The Brazilian cerrado vegetation: a fertility gradient. *The Journal of Ecology* 61(1): 219-224.

- GOODLAND, R. 1971. A physiognomic analysis of the “cerrado” vegetation of Central Brasil. *The Journal of Ecology* 59(2): 411-419.
- HARIDASAN, M. 1992. Observation on soils, foliar nutrients concentrations, and floristic, composition of cerrado and cerradão communities in central Brasil. *In: The nature and dynamics of forest-savanna boundaries* (J. Proctor, J.A. Ratter, P.A. Furley, orgs). Chapman & Hall, London, p. 174-184.
- HARIDASAN, M. 2001. Solos. *In: Biogeografia do bioma cerrado: estudo fitofisionômico na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco* (J.M. Felfili & M.C. Silva Júnior, orgs). UnB/FT/Departamento de Engenharia Florestal, Brasília, p. 12-17.
- HARIDASAN, M. 2007. Solos. *In: Biogeografia do Bioma Cerrado: vegetação e solos da Chapada dos Veadeiros* (J.M. Felfili, A.V. Rezende, M.C. Silva Júnior, orgs). Editora Universidade de Brasília/Finatec, Brasília, p. 25-43.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2006. Produção agrícola municipal / Produtos de extração vegetal e silvicultural. IBGE, Rio de Janeiro.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2007. Manual Técnico de Pedologia. IBGE, Rio de Janeiro, 316 p.
- LATHWELL, D. J. & GROVE, T. L. 1986. Soil – plant relationships in the tropics. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17: 1-16.
- LEPS, J. & SMILAUER, P. 2003. Multivariate analysis of ecological data using CANOCO. University of Cambridge, United Kingdom, 266 p.
- LINDOSO, G.S & FELFILI, J.M. 2007. Características florísticas e estruturais de Cerrado *sensu stricto* em Neossolo Quartzarênico. *Revista Brasileira de Biociências* 5(2):102-104.
- LOPES, A.S. 1983. Solos sob “cerrado”: características, propriedades e manejo. Instituto de Potassa & Fosfato, Instituto da Potassa, Piracicaba, 162 p.
- LUZ, M.J.S., FERREIRA, G.B., BEZERRA, J.R.C. 2002. Adubação e correção do solo: procedimentos a serem adotados em função dos resultados da análise do solo. Embrapa Circular Técnica 63. Embrapa, Ministério de Agricultura e Abastecimento, Campina Grande.
- MARIMON-JUNIOR, B.H. & HARIDASAN, M. 2005. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado *sensu stricto* em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 19(4): 913-926.
- MENDONÇA, R.C., FELFILI, J.M. WALTER, B.M.T., SILVA JÚNIOR, M.C., REZENDE, A.V., FILGUEIRAS, T.S., ERNANI, P.N. 1998. Flora vascular do Cerrado. *In: Cerrado:*

- Ambiente e Flora (S.M. Sano, S.P. Almeida, S.P., orgs.). Embrapa Cerrados, Planaltina, p. 289-556.
- NOGUEIRA, A.R.A. & SOUZA, G.B. 2005. Manual de laboratórios: Solo, Água, Nutrição Animal e Alimentos. Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, 313 p.
- OLIVEIRA, M.E.A., MARTINS, F.R., CASTRO, A.A.J.F., SANTOS, J.R. 2007. Classes de cobertura vegetal do Parque Nacional de Sete Cidades (transição campo-floresta) utilizando imagens TM/Landsat, NE do Brasil. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. INPE, Florianópolis, p. 1775-1783.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T., SHEPHERD, G.J., MARTINS, F.R., STUBBLEBINE, W.H. 1989. Environmental factors affecting physiognomics and floristic variation in an area of cerrado in central Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 5: 413-431.
- RATTER, J.A. & DARGIE, T.C.D. 1992. An analysis of the floristic composition of 26 cerrado areas in Brazil. *Edinburgh Journal of Botany* 49(2): 235-250.
- RATTER, J.A., BRIDGEWATER, S., RIBEIRO, J.F. 2003. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: Comparison of the wood vegetation of 376 areas. *Edinburgh Journal of Botany* 60: 57-109.
- RATTER, J.A., BRIDGEWATER, S., RIBEIRO, J.F. 2005. Biodiversity patterns of the woody vegetation of the Brazilian Cerrados. *In: Neotropical Savannas and dry forests: Diversity, Biogeography and Conservation* (R.T. Pennington, G.P. Lewis, J.A. Ratter, org). p.31-58.
- RATTER, J.A., RIBEIRO, J.F., BRIDGEWATER, S. 1997. The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Annals of Botany* 80: 223-230.
- REATTO, A. & MARTINS, E.S. 2005. Classes de solo em relação aos controles da paisagem do bioma Cerrado. *In: Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação* (A. Scariot, J.C. Souza-Silva, J.M. Felfili, orgs.). Ministério do Meio Ambiente, Brasília, p.49-59.
- REATTO, A., CORREIA, J.R. & SPERA, S.T. 1998. Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos. *In: Cerrado: ambiente e flora* (S.M. Sano, & S.P. Almeida, orgs.). Embrapa Cerrados, Planaltina, p. 47-86.
- RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do bioma Cerrado. *In: Sano, S.M., Almeida, S.P.(orgs.). Cerrado: Ambiente e Flora*(S.M. Sano, & S.P. Almeida, orgs.). Embrapa Cerrados, Planaltina, p: 89 – 168.
- RODAL, M.J.N., LINS E SILVA, A.C.B., PESSOA, L.M., CAVALCANTI, A.D.C. 2005. Vegetação e flora fanerogâmica da área de Betânia, Pernambuco. *In: Análise das variações da biodiversidade do bioma Caatinga: suporte a estratégias regionais de*

- conservação (F.S. Araújo, M.J.N. Rodal, M.R.V. Barbosa, orgs). Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 139-166.
- RUGGIERO, P.G.C., BATALHA, M.A., PIVELLO, V.R., MEIRELLES, S.T. 2002. Soil-vegetation relationships in cerrado (Brazilian savanna) and semideciduous forest, Southeastern Brazil. *Plant Ecology* 160:1-16.
- SILVA, J.F.; FARIÑAS, M.R.; FELFILI, J.M.; KLINK, C.A. 2006. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. *Journal of Biogeography* 33: 536-548.
- SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E. 2004. Cerrado correção do solo e adubação. Embrapa Informações Tecnológicas, Brasília, 416p.
- SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E. 2005. Areias Quartzosas / Neossolo Quartzarênico. www.embrapa.com.br.
- TER BRAAK, C.J.F. & SMILAUER, P. 1999. Canoco for Windows version 4.02. Centre for Biometry Wageningen, Wageningen.
- TER BRAAK, C.J.F. 1986. Canonical Correspondence Analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67(5):1167-1179.
- WALKLEY, A. & BLACK, I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chronic tritration method. *Soil Science* 37: 29-38.

ANEXO 1

Tabela. Famílias e espécies lenhosas amostradas no levantamento fitossociológico em cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico na Chapada Grande Meridional, Piauí.

Família	Espécie
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i> L.* <i>Astronium fraxinifolium</i> Schott ex Spreng.*
Annonaceae	<i>Annona coriacea</i> Mart.*
Apocynaceae	<i>Aspidosperma multiflorum</i> A.DC. <i>Himatanthus drasticus</i> (Mart.) Plumel
Bignoniaceae	<i>Tabebuia</i> sp
Caryocaraceae	<i>Caryocar coriaceum</i> Wittm.
Chrysobalanaceae	<i>Hirtella ciliata</i> Mart. & Zucc.*
Cochlospermaceae	<i>Cochlospermum regium</i> (Mart. ex Schrank) Pilger
Combretaceae	<i>Combretum duarteanum</i> Cambess. <i>Combretum mellifluum</i> Eichler <i>Terminalia fagifolia</i> Mart.*
Dilleniaceae	<i>Curatella americana</i> L.*
Ebenaceae	<i>Diospyros hispida</i> A.DC.*
Euphorbiaceae	<i>Manihot</i> sp
Fabaceae	<i>Andira vermífuga</i> Mart. ex Benth. * <i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth * <i>Cenostigma gardnerianum</i> Tul. <i>Copaifera coriacea</i> Mart. <i>Dimorphandra gardneriana</i> Tul. <i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne* var. <i>stigonocarpa</i> <i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne var. <i>pubescens</i> Benth. <i>Luetzelburgia auriculata</i> (Allemao) Ducke <i>Machaerium acutifolium</i> Vogel * <i>Parkia platycephala</i> Benth. <i>Plathymenia reticulata</i> Benth. * <i>Sclerolobium paniculatum</i> Vogel * <i>Stryphnodendron coriaceum</i> Benth. <i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke *
Hippocrateaceae	<i>Salacia elliptica</i> (Mart. ex Schult.) G.Don
Lithraceae	<i>Lafoensia vandelliana</i> Cham. & Schltdl. (Pohl) Lourteig
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth <i>Byrsonima sericea</i> DC.
Myrtaceae	<i>Eugenia dysenterica</i> Mart. ex DC. * <i>Myrcia</i> sp <i>Psidium</i> sp
Ochnaceae	<i>Ouratea</i> sp
Opiliaceae	<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & J.D.Hook. *
Polygonaceae	<i>Coccoloba</i> sp
Rubiaceae	<i>Alibertia edulis</i> (L.C.Rich.) A.Rich. ex DC. * <i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K.Schum. subsp. <i>tomentosa</i> Gardner ex A.L.Prado *
Sapindaceae	<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil. *

Continua

Tabela. Continuação.

Família	Espécie
Sapotaceae	<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk. *
Simaroubaceae	<i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil. *
Tiliaceae	<i>Luehea cf grandiflora</i> Mart. & Zucc
Verbenaceae	<i>Vitex flavens</i> Kunth
Vochysiaceae	<i>Qualea grandiflora</i> Mart. *
	<i>Qualea parviflora</i> Mart. *
	<i>Salvertia convallariodora</i> A.St.-Hil.*

Cerrado *sensu stricto* sobre Neossolos Quartzarênicos: biogeografia e conservação

Resumo

(Cerrado *sensu stricto* sobre Neossolos Quartzarênicos: biogeografia e conservação). Nos últimos anos, estudos biogeográficos têm sido conduzidos no bioma Cerrado e importantes padrões de distribuição de espécies têm sido detectados. O presente trabalho objetivou investigar as diferenças florísticas, estruturais e ambientais, baseado em amostragens quantitativas, entre oito áreas de cerrado *sensu stricto* (s.s.) sobre Neossolo Quartzarênico, para a determinação de padrões fitogeográficos e de conservação do cerrado sobre solos arenosos. Os dados analisados provêm de levantamentos realizados em áreas de cerrado s.s. no Piauí e no Brasil Central, todos sobre Neossolo Quartzarênico, totalizando 80 parcelas de 20 m x 50 m. Na amostragem, foram incluídos os indivíduos com diâmetros a partir de 5 cm, medidos a 0,30 m do solo. Foram realizadas análises multivariadas, com o método TWINSpan e Análise de Correspondência Canônica (CCA). De um total de 198 espécies que ocorreram em todas as áreas amostradas, foram analisadas 94 presentes em duas ou mais áreas. Ocorreram 40,42% das espécies em cinco áreas ou mais e *Qualea parviflora*, *Pouteria ramiflora*, *Bowdichia virgilioides* e *Hymenaea stigonocarpa* ocorreram em todas as áreas. As diferentes composições florísticas encontradas, mesmo considerando o mesmo tipo de solo, indicam a elevada heterogeneidade da vegetação. A riqueza de espécies decresceu do Planalto Central ao Nordeste, a área com maior densidade foi Chapada dos Guimarães e os maiores valores de área basal ocorreram nas áreas do Piauí. Na CCA, as variáveis ambientais que tiveram maior correlação com as parcelas e espécies foram temperaturas média e mínima anuais, precipitação média anual, horas de insolação e número de meses secos. Nas divisões obtidas pelo método TWINSpan e na CCA, as áreas analisadas do Piauí encontraram-se fortemente separadas das demais áreas, sugerindo que estes cerrados formam um subgrupo distinto das demais áreas dos cerrados do Nordeste, encontradas na Bahia. Espécies que foram bem representadas em todas as regiões estudadas podem ser indicadas para a recuperação de áreas de cerrado s.s. sobre solos arenosos em todo o bioma. O PN de Sete Cidades e o Grande Sertão Veredas protegem 45,95% das espécies que ocorrem em cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico. A alta diversidade beta encontrada e a pouca quantidade de espécies amplamente distribuídas e protegidas são importantes fatores a serem considerados na criação de novas unidades de conservação no bioma Cerrado.

Introdução

Os estudos fitogeográficos no bioma Cerrado possuem grande valia para nortear o planejamento da conservação de suas áreas (Ratter & Dargie 1992, Silva *et al.* 2006). Através da caracterização da vegetação, é possível determinar padrões vegetacionais, em relação à presença e densidade das espécies, relacionando-os com variáveis ambientais e assim delinear estratégias conservacionistas e prioridades de estudos.

Estudos biogeográficos têm apontado padrões gerais para o bioma Cerrado. De acordo com Castro & Martins (1999), com base em uma comparação florística, o bioma Cerrado é composto por oito grupos, definidos devido à heterogeneidade espacial das espécies encontradas no cerrado, sendo que a distribuição da flora ocorre de forma “areal”, com uma flora característica para cada um destes grupos. Estes grupos podem ser distribuídos em três supercentros de biodiversidade no Cerrado (Sudeste Meridional, Planalto Central e do Nordeste), que se separam em função do polígono das secas e das geadas, que ocorrem devido à deficiência hídrica do solo, que aumenta do Planalto Central para o Nordeste, assim como a temperatura média, que diminui do Planalto Central para o Sudeste. Para esses autores, o padrão florístico do bioma Cerrado é lati-altitudinal, que se distribui ao longo de 20° (-4° a 24°) e diferenças na altitude afetam a temperatura e outros aspectos do clima, reforçando a separação desses supercentros.

Ratter *et al.* (2003, 2005), baseados em levantamentos florísticos qualitativos, revelam padrões que demonstram a existência de seis grupos geográficos naturais dentro do bioma Cerrado. Os autores, ao comparar esses grupos geográficos com o índice de similaridade de Sørensen, encontraram padrões semelhantes aos de Castro & Martins (1999) com relação aos três supercentros de biodiversidade no bioma. Ratter *et al.* (2003, 2005) destacam que, ao longo da região do Cerrado, as deficiências hídricas do solo e as médias de temperatura tendem a aumentar na direção sudeste-nordeste e sugerem que a distribuição de espécies pode estar correlacionada com essas tendências. Os autores destacam que o tipo de solo seria o fator que determina mais fortemente a diferenciação florística e estruturas das comunidades do cerrado. Somado aos fatores ambientais, o padrão atual de vegetação do bioma Cerrado reflete mudanças ocorridas durante os períodos Terciário e Quaternário.

A diversidade ecológica e ambiental do bioma Cerrado presente no Brasil Central, foram mapeadas por Silva *et al.* (2006), que avaliaram os níveis de conversão para a agricultura e a extensão da proteção em unidades de conservação. A classificação foi realizada através da análise de agrupamento e foi baseada nos sistemas de terra definidos por

Cochrane *et al.* (1985) e em variáveis ambientais, como composição da vegetação, declividade e propriedades químicas e físicas do solo. Dessa forma, foram definidas duas escalas para o mapeamento: unidades de paisagens e unidades ecológicas. Em ambas as escalas de análise, a principal característica foi a heterogeneidade da região, pois as unidades estudadas ocorrem de maneira fragmentada, ao invés de em um contínuo geográfico. Foram obtidas 15 Unidades Ecológicas, definidas como áreas com as mesmas características dominantes em termos de fisionomia e fenologia da vegetação, topografia e drenagem. Essas Unidades Ecológicas foram agrupadas em cinco Unidades de Paisagens, de acordo com a geomorfologia e vegetação predominante.

Importantes padrões de distribuição de espécies no bioma Cerrado têm sido detectados. Ratter *et al.* (2005) estabeleceram 39 espécies que ocorrem em mais de 50% das áreas de cerrados analisadas (de um total de 316) e 116 espécies com maior dominância no bioma. Felfili *et al.* (2004) estabeleceram alguns padrões de diversidade e estrutura nos cerrados do Brasil Central, onde em 15 áreas com a amostragem de indivíduos a partir de 5 cm de diâmetro a 0,30 m do nível do solo, a riqueza variou de 55 a 97 espécies, a diversidade pelo índice de Shannon variou de 3,04 a 3,73 nats.indiv^{-1} , a densidade entre 629 a 1396 indiv.ha^{-1} e a área basal entre 5,79 a 11,30 $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$.

No âmbito do Projeto Biogeografia do Bioma Cerrado (Felfili & Silva Júnior 1993, 2001, 2005, Felfili *et al.* 1994, 2004, 2006, 2007), foram realizadas amostragens quantitativas, baseadas principalmente nos Sistemas de Terra definidos por Cochrane *et al.* (1985), onde há um padrão recorrente de clima, paisagem, solos e fitofisionomias. Nesse Projeto foram estudadas três unidades fisiográficas do Brasil Central: Chapada da Pratinha, Chapada dos Veadeiros e Espigão Mestre do São Francisco, que englobam seis sistemas de terra (Felfili *et al.* 1994, 1997, 2004, 2006, 2007, Felfili & Silva Junior 1993, 2001, 2005) e correlações entre as variações da vegetação e do ambiente têm se mostrado consistentes. Os autores sugerem que os gradientes fisiográficos como solo e relevo podem exercer maior influência nos padrões de diversidade beta do que as variações latitudinais e longitudinais dentro do bioma Cerrado, especialmente em relação à densidade de espécies, devido à distribuição desigual dos indivíduos nos locais ao longo do bioma.

Analisando o padrão de distribuição de espécies em cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico, Lindoso & Felfili (2007) encontraram uma elevada diversidade beta na comparação de áreas na Chapada dos Veadeiros e Chapada do Espigão Mestre do São Francisco, com áreas em São Paulo.

Este trabalho parte da premissa de que existem variações florísticas e estruturais no componente arbóreo do cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico no bioma Cerrado em função de gradientes ambientais, como latitude, altitude e fatores climáticos. Para checar esta hipótese, foram comparados cerrados marginais do Nordeste, encontrados no Piauí, cerrados marginais da Chapada do Espigão Mestre do São Francisco (Bahia e Minas Gerais), localizados entre a região central do Cerrado e o bioma Caatinga e cerrados da região central do bioma, encontrados no Vale do Paranã (Goiás) e Chapada dos Guimarães (Mato Grosso), na pré-Amazônia. Através da determinação dos padrões de distribuição das espécies lenhosas no cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico, busca-se verificar se os padrões encontrados corroboram com as propostas fitogeográficas existentes, e se há afinidade entre as áreas comparadas de modo que as unidades de conservação presentes nestas áreas (Parque Nacional de Sete Cidades e Grande Sertão Veredas) sejam representativas das variações florístico-estruturais encontradas nos cerrados s.s. sobre Neossolo Quartzarênico.

O presente trabalho teve como objetivo investigar as diferenças florísticas, estruturais e ambientais, baseado em amostragens quantitativas, entre oito áreas de cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico, distribuídas pelo bioma Cerrado, para a determinação de padrões fitogeográficos e de conservação do cerrado sobre solos arenosos.

Material e métodos

Áreas de estudo

Os dados para o desenvolvimento deste estudo provêm do levantamento realizado em duas áreas de cerrado *sensu stricto* (s.s.) sobre Neossolo Quartzarênico (Areia Quartzosa), no Piauí, com o apoio do CNPq-PELD - Site 10 (MCT/CNPq/PELD), e do levantamento de áreas de cerrado s.s., localizadas no Brasil Central, no âmbito do Projeto Biogeografia do Bioma Cerrado (Felfili & Silva Junior 2001, Felfili *et al.* 2007).

Foram selecionadas as parcelas amostradas em cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico nas áreas estudadas no âmbito do Projeto Biogeografia do Bioma Cerrado (Felfili *et al.* 2004), de modo que em cada Unidade Ecológica, proposta por Silva *et al.* (2006), com a ocorrência desta fisionomia, tivessem pelo menos 10 parcelas de 20 x 50 m amostradas em cerrado sobre areia, totalizando no mínimo, um hectare em cada uma das Unidades Ecológicas analisadas. Dessa forma, foram selecionadas 80 parcelas.

As 80 parcelas selecionadas encontram-se distribuídas em oito áreas (Tabela 1), localizadas em quatro Unidades Ecológicas (Figura 1). As Unidades Ecológicas onde as áreas foram amostradas apresentaram as seguintes características, conforme Silva *et al.* (2006):

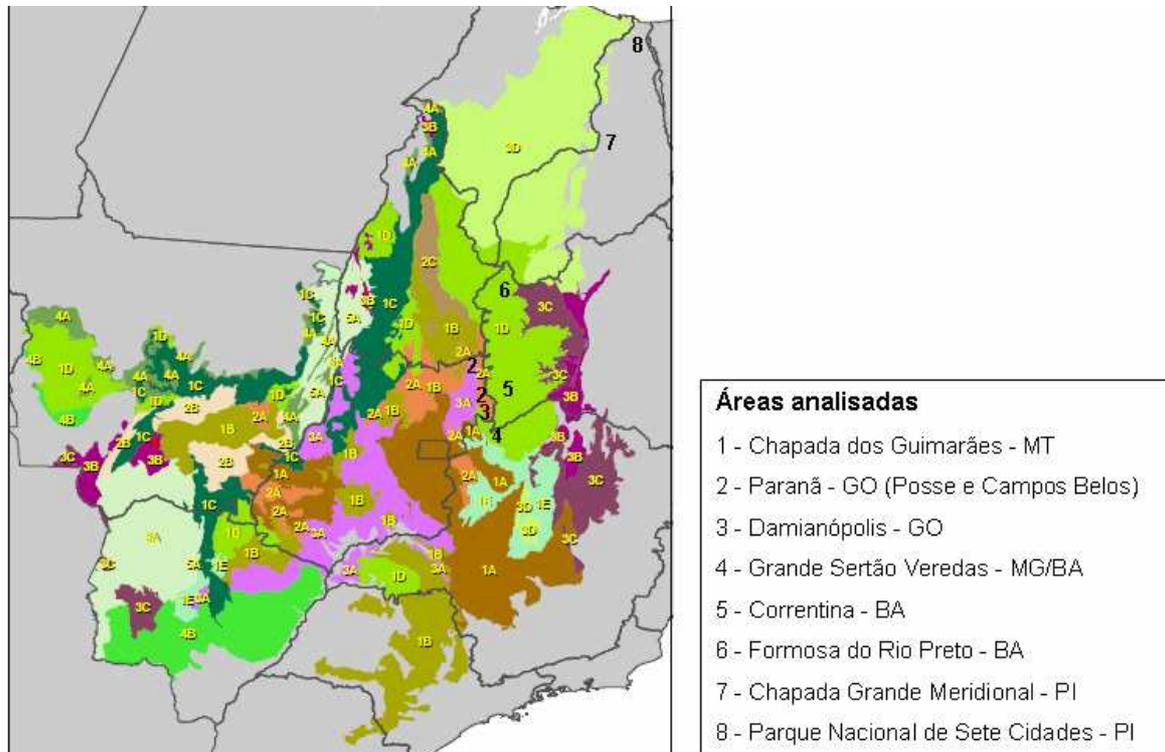


Figura 1. Localização das áreas analisadas de cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico e suas respectivas Unidades Ecológicas no bioma Cerrado. Adaptado de Felfili *et al.* (no prelo).

- Unidade Ecológica 1B: possui altitudes entre 550 a 700 m s.n.m., em superfícies planas a suavemente onduladas. A vegetação encontrada é composta por cerrado s.s., entremeados por cerradão e floresta semi-decidual. Possui uma área total de aproximadamente 146.000 km², distribuídos em grandes blocos em Tocantins, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Esta Unidade ecológica foi estudada, no presente trabalho, na região da Chapada dos Guimarães, Mato Grosso, entre os municípios Chapada dos Guimarães, Cuiabá e Campo Verde, onde foram amostradas 10 parcelas distribuídas nos remanescentes de cerrado s.s. Neste bloco, cerca de 38% já foi convertido para a agricultura e contém o PN da Chapada dos Guimarães, que protege 0,23%, sendo que apenas uma parcela foi amostrada dentro do Parque.

- Unidade Ecológica 1D: é caracterizada por possuir planaltos que variam de 300 a 800 m s.n.m. A paisagem é plana a suavemente ondulada, coberta por um mosaico de campos a cerrado s.s., sendo ocasionalmente encontrado cerradão. A área total é de aproximadamente

333.000 km², fragmentado em nove blocos de diferentes tamanhos. A área estudada compreende a região da Chapada do Espigão Mestre do São Francisco, cujo bloco se estende do norte de Minas Gerais até o sul do Piauí e Tocantins, passando pelo Oeste da Bahia. Nesta região, foram analisadas 30 parcelas, que se distribuem pelos municípios de Correntina - BA (10), Formosa do Rio Preto – BA (10), Trijunção e PN Grande Sertão Veredas na divisa entre Bahia e Minas Gerais (Grande Sertão Veredas; 10).

- Unidade Ecológica 2A: possui aproximadamente 77.000 km², sendo que nos blocos do leste o terreno é composto por morros e, na parte oeste, o terreno é plano a suavemente ondulado, com a presença de morros, com altitudes variando de 650 a 800 m s.n.m. A vegetação dominante é o cerrado s.s. formando mosaicos com um cerrado mais ralo e campos. A maior parte da área é localizada em Goiás, com blocos de diferentes tamanhos, chegando ao sul de Tocantins e oeste de Minas Gerais. Outras áreas são encontradas no sudoeste de Goiás, chegando a Mato Grosso. Nesta unidade ecológica, em Goiás, foram estudadas 20 parcelas amostradas em Damianópolis (10), Posse e Campos Belos (10).

- Unidade Ecológica 3D: é formada por planaltos de altitude entre 600 a 700 m s.n.m, cobertas em sua maior parte por floresta seca e vegetação arbustiva. Possui aproximadamente 142.000 km² em dois principais blocos. O bloco estudado se estende do sul dos estados do Piauí e Maranhão, até o norte do Maranhão e região central do Piauí, aproximadamente (Figura 1). Devido à proximidade, nesta Unidade Ecológica foram incluídos os levantamentos realizados no Estado do Piauí, na Chapada Grande Meridional (municípios de Regeneração e Arraial) e no PN de Sete Cidades (municípios de Piracuruca e Piripiri), totalizando dois hectares, com 10 parcelas em cada área. Embora este sistema de classificação não compreenda os cerrados estudados, pressupõe-se que as áreas estudadas no Piauí, estejam incluídas nesta unidade ecológica, devido à proximidade dessas áreas com esta Unidade Ecológica e à continuidade geomorfológica dessas áreas, que compreendem superfícies aplainadas dissecadas em interflúvios tabulares (CPRM 2007), e por serem consideradas como áreas de tensão ecológica (IBGE 1996, 2004).

Tabela 1. Localização das áreas de cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico e classificação por Unidade Fisiográfica e Sistema de Terra (Cochrane *et al.* 1985), Unidade Ecológica (Silva *et al.* 2006, Felfili *et al.* no prelo) ampliada para os limites do bioma Cerrado (Felfili *et al.* no prelo). UE: Unidade Ecológica; Alt.: altitude.

Unidade Fisiográfica / Sistema de Terra	UE	Áreas (parcelas)	Latitude (S)	Longitude (W)	Alt. (m)
Planaltos de Alcantilados	1B	Chapada dos Guimarães (10)	15°04' a 15°24'	55°43' a 56°01'	363 a 550
Chapada do Espigão Mestre do São Francisco / ST 1 = Platôs arenosos do Espigão Mestre	1D	Formosa do Rio Preto (10) Correntina (10) Grande Sertão Veredas (10)	11°06' a 11°12' 13°31' a 13°32' 14°52' a 15°21'	45°18 a 45°35' 45°22' a 45°25' 45°45' a 46°00'	550 689 a 1036 635 a 850
Vale do Paranã / ST 110 = Platôs erodidos do Espigão Mestre	2A	Damianópolis (10) Posse e Campos Belos (10)	14°26' a 14°36' 13°02' a 14°06'	46°05 a 46°12' 46°19' a 46°38'	650 650
–	3D	PN de Sete Cidades (10) Chapada Grande Meridional (10)	04°04' a 04°08' 06°26' a 06°36'	41°41' a 41°44' 42°26' a 42°31'	168 a 237 168 a 215

Amostragem

No âmbito do Projeto Biogeografia do Bioma Cerrado e nas áreas do Piauí, foram conduzidas amostragens padronizadas da vegetação arbórea do cerrado s.s. Nas áreas estudadas pelo Projeto Biogeografia do Bioma Cerrado (Felfili & Silva Junior 2001, Felfili *et al.* 2004, 2006) foram amostradas dez parcelas de 20 m x 50 m, totalizando 1 ha. Em cada área de estudo, que constituíram pontos intermediários e extremos da cada unidade fisiográfica proposta por Cochrane *et al.* (1985), foram identificados em mapa e em campo os remanescentes de vegetação natural, sem evidências de perturbações, onde parcelas foram distribuídas de modo aleatório buscando abranger a variabilidade florística e estrutural da área (Felfili & Silva Junior 2001, Felfili *et al.* 2004, 2006).

Na amostragem, cuja metodologia está descrita em Felfili *et al.* 2004, foram incluídos os indivíduos com diâmetros a partir de 5 cm, medidos a 0,30 m da superfície do solo em cada parcela. Nestes indivíduos, foram medidos os diâmetros, com a utilização de suta, e as alturas, com a utilização de vara graduada. As espécies foram identificadas em campo, e em caso de dúvidas ou presença de material fértil, coletadas para posterior identificação e depósito nos herbários do IBGE e UB.

Nas duas áreas no Piauí, foi utilizada a mesma metodologia de amostragem para viabilizar a comparação dos resultados obtidos de modo padronizado, com os levantamentos realizados pelo Projeto Biogeografia do Bioma Cerrado.

Do conjunto de dados existentes do Projeto Biogeografia do Bioma Cerrado (alguns disponíveis em Felfili & Silva Junior 2001) foram selecionadas 60 parcelas de 20 x 50 m, amostradas em cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico que, em conjunto com as amostragens no Piauí, totalizaram 80 parcelas.

Classificação e ordenação dos dados

Para a realização das análises multivariadas, foi elaborada uma matriz com 94 espécies e 80 parcelas de cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico, tendo a densidade como variável de entrada.

Para a elaboração da matriz, as espécies com diferentes variedades foram consideradas como a mesma espécie e as espécies que ocorreram em apenas uma área não foram incluídas na análise, pois espécies coletadas em apenas um local não fornecem informações nas comparações entre as áreas. Desta forma, foram incluídas na análise espécies que ocorreram em duas ou mais áreas, independente da densidade. Todos os nomes científicos foram

conferidos na base de dados Trópicos, do *Missouri Botanical Garden* e na listagem da Flora Vascular do Bioma Cerrado (Mendonça *et al.* no prelo).

Foi realizada a análise indireta de gradientes, através do método TWINSpan - *Two-Way Species Indicator Analysis* (Hill 1979), com a utilização do Programa PC-ORD (McCune & Mefford 1997). Com esta classificação, foi originada uma lista de espécies preferenciais por grupo e uma lista de espécies não-preferenciais (Kent & Coker 1992).

A análise direta de gradientes foi realizada através da Análise de Correspondência Canônica (CCA) (Ter Braak 1986) com a utilização do Programa Canoco 4.02 (Ter Braak & Smilauer 1999).

Para a análise da CCA, além da matriz de espécies por parcela, foi utilizada uma matriz com oito variáveis ambientais por área, que foram: localização geográfica, altitude média, precipitação anual média, médias das temperaturas mínima e máxima anuais, temperatura anual média, horas de insolação e número de meses secos por ano. As variáveis geográficas utilizadas foram obtidas nas publicações e nos dados cedidos por J.M.Felfili. Os dados climáticos foram obtidos a partir dos gráficos das Normais Climatológicas de 1961 a 1990, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), e o número de meses secos foi obtido através da proposição de Gaussen (1949 *apud* Rizzini 1997), que propõe que um mês seja considerado seco quando as suas precipitações, em mm, são inferiores ou iguais ao dobro da temperatura média em graus Celsius.

Para a realização da CCA, as densidades das espécies foram log-transformadas na base natural (Leps & Smilauer 2003) e os dados ambientais foram padronizados com base na média e desvio padrão, segundo Ter Braak (1986). Ambas as padronizações foram realizadas através do programa Microsoft Excel.

Resultados e discussão

Caracterização florístico-estrutural

De um total de 198 espécies que ocorreram em todas as áreas analisadas de cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico, foram analisadas 94 espécies, que ocorreram em duas áreas ou mais, independentemente da densidade encontrada nestas áreas. Estas espécies, listadas na Tabela 2, estão distribuídas em 66 gêneros e 35 famílias.

Das espécies analisadas (Tabela 2), 75 possuem ampla distribuição no bioma Cerrado (Ratter *et al.* 2003, 2005), 82,97% ocorrem também em formações florestais, como mata de galeria, mata seca e cerradão e 94,68% ocorrem em outras formações savânicas (Mendonça *et*

Tabela 2. Espécies que ocorreram em duas áreas ou mais analisadas de cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico. N: número de indivíduos; AD: espécies com ampla distribuição no bioma Cerrado (Ratter *et al.* 2003, 2005); MG; mata de galeria, MS: mata seca, Ce: cerradão, Ve; veredas, CS: campo sujo; Ca: bioma Caatinga; Cr: carrasco; SA: savanas amazônicas; SC: Parque Nacional de Sete Cidades; CM: Chapada Grande Meridional; FO: Formosa do Rio Preto; CO: Correntina; GV: Grande Sertão Veredas; DA: Damianópolis; PA: Paranã; CG: Chapada dos Guimarães.

Espécie	Família	N	AD	Fisionomia ¹								Área de ocorrência							
				MG	MS	Ce	Ve	CS	Ca	Cr	SA	SC	CM	FO	CO	GV	DA	PA	CG
<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovl.	Fabaceae	58	*	*	*	*					*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & J.D.Hook.	Opiliaceae	18	*	*	*	*				*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Alibertia edulis</i> (L.C.Rich.) A.Rich. ex DC.	Rubiaceae	12	*	*	*	*				*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacardiaceae	108	*		*	*				*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Andira cuyabensis</i> Benth.	Fabaceae	15	*	*							*			*		*	*	*	
<i>Andira vermífuga</i> Mart. ex Benth	Fabaceae	93	*	*	*				*		*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Annona coriacea</i> Mart.	Annonaceae	20	*		*			*		*	*	*			*	*			
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	Annonaceae	120	*	*	*	*						*		*	*	*	*	*	
<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	Apocynaceae	5	*	*	*	*							*		*	*			
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	Apocynaceae	57	*	*	*	*						*	*	*	*	*	*	*	
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott ex Spreng.	Anacardiaceae	59	*	*	*	*				*		*		*	*	*	*	*	
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	Fabaceae	60	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	Moraceae	13	*		*	*		*								*	*		
<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler	Combretaceae	79	*	*	*	*							*	*	*	*		*	
<i>Byrsonima crassa</i> Nied.	Malpighiaceae	131	*	*		*				*		*	*	*	*	*	*	*	

Continua

Tabela 2. Continuação.

Espécie	Família	N	AD	Fisionomia ¹							Área de ocorrência							
				MG	MS	Ce	Ve	CS	Ca	Cr	SA	SC	CM	FO	CO	GV	DA	PA
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Malpighiaceae	100				*				*	*	*						
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	Malpighiaceae	69	*	*		*	*			*				*	*	*	*	*
<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) L.C.Rich. ex A.Juss.	Malpighiaceae	17	*	*			*			*				*	*	*		*
<i>Callisthene fasciculata</i> Mart.	Vochysiaceae	110	*	*	*	*		*									*	*
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	Caryocaraceae	136	*			*	*		*						*	*	*	*
<i>Caryocar coriaceum</i> Wittm	Caryocaraceae	43							*		*	*	*	*				
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Flacourtiaceae	6	*	*		*	*			*							*	*
<i>Connarus suberosus</i> Planchon	Connaraceae	149	*				*		*				*	*		*	*	*
<i>Copaifera coriacea</i> Mart.	Fabaceae	30		*		*					*	*						
<i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth. ex Hook.f.	Chrysobalanaceae	43	*		*	*							*	*		*		*
<i>Curatella americana</i> L.	Dilleniaceae	458	*	*		*	*		*	*	*	*	*				*	*
<i>Davilla elliptica</i> A.St.-Hil.	Dilleniaceae	69	*			*	*										*	*
<i>Dimorphandra gardneriana</i> Tul.	Fabaceae	33						*			*	*						
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	Fabaceae	22	*	*		*								*	*	*		*
<i>Diospyros burchellii</i> Hiern.	Ebenaceae	29		*											*	*	*	*
<i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers	Icacinaceae	6	*	*		*			*				*	*		*		
<i>Eriotheca gracilipes</i> (K.Schum.) A.Robyns	Bombacaceae	39	*	*		*							*	*	*		*	*
<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl.	Bombacaceae	2	*	*		*									*	*		

Continua

Tabela 2. Continuação.

Espécie	Família	N	AD	Fisionomia ¹							Área de ocorrência								
				MG	MS	Ce	Ve	CS	Ca	Cr	SA	SC	CM	FO	CO	GV	DA	PA	CG
<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.	Erythroxylaceae	34		*		*	*								*	*	*	*	*
<i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.	Erythroxylaceae	24	*				*	*		*	*				*	*	*		*
<i>Eugenia dysenterica</i> Mart. Ex DC.	Myrtaceae	212	*			*			*		*	*	*	*	*	*	*		*
<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schldtl.	Rubiaceae	12	*			*												*	*
<i>Hancornia speciosa</i> (Nees & Mart.) Müll.Arg.	Apocynaceae	10	*									*	*						*
<i>Heisteria ovata</i> Benth.	Olacaceae	8		*		*			*	*			*				*		
<i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A.Juss.	Malpighiaceae	4	*				*									*		*	
<i>Himatanthus drasticus</i> (Mart.) Plumel	Apocynaceae	6				*				*	*								
<i>Himatanthus obovatus</i> (Müll.Arg.) Woodson	Apocynaceae	19	*			*						*	*	*				*	*
<i>Hirtella ciliata</i> Mart. & Zucc.	Chrysobalanaceae	106	*						*		*						*	*	
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	Fabaceae	144	*	*		*		*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	Clusiaceae	208	*	*		*								*	*	*	*	*	*
<i>Kielmeyera lathrophyton</i> Saddi	Clusiaceae	28		*										*		*	*		
<i>Kielmeyera rubriflora</i> Cambess.	Clusiaceae	25	*												*		*	*	*
<i>Kielmeyera speciosa</i> A.St.-Hil.	Clusiaceae	2	*	*											*		*		
<i>Lafoensia vandelliana</i> Cham. & Schldtl.	Lythraceae	11				*				*	*								
<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	Lythraceae	58	*	*		*			*			*	*	*	*	*			*
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	Fabaceae	58	*	*	*	*					*	*		*	*	*	*	*	*

Continua

Tabela 2. Continuação.

Espécie	Família	N	AD	Fisionomia ¹								Área de ocorrência							
				MG	MS	Ce	Ve	CS	Ca	Cr	SA	SC	CM	FO	CO	GV	DA	PA	CG
<i>Machaerium opacum</i> Vogel	Fabaceae	9	*			*				*					*	*	*	*	
<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	Sapindaceae	78	*	*	*	*						*	*				*	*	
<i>Miconia ferruginata</i> A.DC.	Melastomataceae	3	*	*		*		*								*	*		
<i>Mouriri elliptica</i> Mart.	Melastomataceae	47	*	*		*		*							*	*	*	*	
<i>Mouriri pusa</i> Gardner	Melastomataceae	30	*	*													*	*	
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	Anacardiaceae	7	*	*								*					*		
<i>Myrcia canescens</i> O.Berg	Myrtaceae	5					*								*	*	*		
<i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Baill.	Ochnaceae	68	*	*		*		*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	
<i>Parkia platycephala</i> Benth.	Fabaceae	157		*	*	*				*	*	*							
<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	Asteraceae	4	*					*		*					*			*	
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	Fabaceae	119	*			*				*	*	*		*	*		*	*	
<i>Plenckia populnea</i> Reissek	Celastraceae	8		*		*							*	*	*	*	*		
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	Sapotaceae	315	*	*		*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.	Sapotaceae	18	*	*		*							*	*	*	*	*		
<i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. & Zucc.) A.Robyns	Bombacaceae	13	*	*	*	*											*	*	
<i>Psidium myrsinoides</i> O.Berg	Myrtaceae	115	*	*				*					*	*	*	*	*	*	
<i>Psidium laruotteanum</i> Cambess.	Myrtaceae	15				*		*					*	*	*		*	*	
<i>Pterodon pubescens</i> (Benth.) Benth.	Fabaceae	20	*	*		*			*			*	*	*	*	*	*	*	

Continua

Tabela 2. Continuação.

Espécie	Família	N	AD	Fisionomia ¹								Área de ocorrência						
				MG	MS	Ce	Ve	CS	Ca	Cr	SA	SC	CM	FO	CO	GV	DA	PA
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Vochysiaceae	546	*			*		*		*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	Vochysiaceae	15	*	*		*	*								*			*
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	Vochysiaceae	566	*	*		*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Roupala montana</i> Aubl.	Proteaceae	17	*					*		*					*		*	*
<i>Rourea induta</i> Planchon	Connaraceae	18	*					*				*	*				*	*
<i>Salacia crassifolia</i> (Mart. ex Schult.) G.Don.	Hippocrateaceae	13	*	*													*	*
<i>Salacia elliptica</i> (Mart. ex Schult.) G.Don.	Hippocrateaceae	28		*	*						*	*		*				
<i>Salvertia convallariodora</i> A.St.-Hil.	Vochysiaceae	57	*					*	*	*	*	*		*	*	*	*	*
<i>Sclerolobium aureum</i> (Tul.) Benth.	Fabaceae	13	*	*										*	*		*	*
<i>Sclerolobium paniculatum</i> Vogel	Fabaceae	77	*	*		*					*	*	*	*	*		*	
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Simaroubaceae	18		*		*				*							*	*
<i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil.	Simaroubaceae	17	*	*	*	*		*		*	*	*						
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	Fabaceae	5	*			*								*		*		*
<i>Stryphnodendron coriaceum</i> Benth.	Fabaceae	27									*	*						
<i>Strychnos pseudoquina</i> A.St.-Hil.	Loganiaceae	19	*			*							*	*	*		*	*
<i>Tabebuia aurea</i> (Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore	Bignoniaceae	57	*	*	*	*		*		*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standley	Bignoniaceae	39	*	*		*		*		*	*	*	*	*	*	*		*
<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) G.Nicholson	Bignoniaceae	4		*	*			*		*	*				*	*	*	*

Continua

Tabela 2. Continuação.

Espécie	Família	N	AD	Fisionomia ¹										Área de ocorrência					
				MG	MS	Ce	Ve	CS	Ca	Cr	SA	SC	CM	FO	CO	GV	DA	PA	CG
<i>Terminalia argentea</i> Mart.	Combretaceae	40	*	*	*	*	*							*			*	*	*
<i>Terminalia fagifolia</i> Mart.	Combretaceae	138	*	*	*	*						*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K.Schum.	Rubiaceae	8	*	*			*	*			*	*	*			*	*	*	
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	Fabaceae	138	*	*		*					*	*	*	*	*	*	*		
<i>Vitex flavens</i> Kunth.	Verbenaceae	8						*			*	*							
<i>Vochysia rufa</i> (Spreng.) Mart.	Vochysiaceae	101	*	*		*		*						*	*	*	*	*	*
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	Annonaceae	6	*	*	*	*	*				*			*	*				*

¹Fontes: Mendonça *et al.* 1998, Felfili *et al.* 2001, Castro *et al.* 1998.

al. 1998, Felfili *et al.* 2001, Castro *et al.* 1998). Apenas *Hancornia speciosa*, *Kielmeyera rubriflora* e *Stryphnodendron coriaceum* não possuem observações de ocorrência em outra fisionomia além de cerrado s.s.

Das 89 espécies que ocorrem em outras formações savânicas, 29,21% ocorrem em campo sujo, 13,48% ocorrem em veredas, 32,58% ocorrem na caatinga e carrasco, e 35,95% nas savanas amazônicas (Mendonça *et al.* 1998, Castro *et al.* 1998). Estas características da distribuição das espécies analisadas indicam que a maioria das espécies ocorrentes em cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico também ocorre em outras fisionomias.

Em relação à ocorrência nas áreas analisadas, 40,42% espécies ocorreram em cinco áreas ou mais, e apenas quatro ocorreram em todas as áreas: *Qualea parviflora*, *Pouteria ramiflora*, *Bowdichia virgilioides* e *Hymenaea stigonocarpa*. 18,08% espécies ocorreram na metade das áreas e 41,48% encontram-se em menos de 50% das áreas, sendo que 26 (27,65%) espécies ocorreram em apenas duas áreas.

A maioria das espécies (77,65%) ocorreu com menos de cem indivíduos nas áreas analisadas, sendo que 19 espécies ocorreram com menos de dez indivíduos. Apenas 21 espécies ocorreram com mais de cem indivíduos em todas as áreas.

Há muitas espécies com ampla ocorrência no bioma Cerrado, porém a maioria ocorre com baixa densidade nestas áreas, enquanto outras possuem elevada densidade. Este padrão de distribuição tem sido descrito para o bioma Cerrado, onde muitas espécies ocorrem em baixa densidade nas áreas, enquanto poucas possuem alta densidade (Felfili & Silva Junior 2005).

No presente estudo, as áreas analisadas podem ser agrupadas em diferentes regiões. Dessa forma os cerrados s.s. sobre Neossolo Quartzarênico da Chapada Grande Meridional e do PN de Sete Cidades correspondem aos cerrados do Piauí e, junto com as áreas da Chapada do Espigão Mestre do São Francisco, correspondem aos Cerrados do Nordeste, enquanto os cerrados amostrados na Chapada dos Guimarães, Damianópolis e Paranã correspondem aos cerrados s.s. sobre Neossolo Quartzarênico do Planalto Central.

Em relação às regiões analisadas, definidas acima, apenas 23 espécies tiveram representantes nos cerrados s.s. sobre Neossolo Quartzarênico em todas as regiões. Nove espécies foram exclusivas nas amostragens dos cerrados no Piauí: *Byrsonima crassifolia*, *Copaifera coriacea*, *Dimorphandra gardneriana*, *Himatanthus drasticus*, *Lafoensia vandelliana*, *Parkia platycephala*, *Simarouba versicolor*, *Stryphnodendron coriaceum*, *Vitex flavens*. Destas espécies, *Copaifera coriacea*, *Dimorphandra gradneriana*, *Parkia platycephala*, *Stryphnodendron coriaceum* e *Simarouba versicolor* ocorreram no

levantamento florístico realizado na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco, mas não foram amostradas nas parcelas analisadas no presente estudo.

Das espécies analisadas que ocorreram nos levantamentos fitossociológicos realizados nas áreas do Piauí e Chapadas do Espigão Mestre do São Francisco, apenas *Caryocar coriaceum* e *Salacia elliptica* ocorreram em comum nestas áreas.

As áreas da Chapada dos Guimarães, Paranã e Damianópolis, consideradas como representantes do cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico do Planalto Central, possuíram dez espécies exclusivas dessa região: *Brosimum gaudichaudii*, *Callisthene fasciculata*, *Casearia sylvestris*, *Davilla elliptica*, *Guettarda viburnoides*, *Miconia ferruginata*, *Mouriri pusa*, *Pseudobombax longiflorum*, *Salacia crassifolia* e *Simarouba amara*. Analisando estas áreas através das Unidades Ecológicas propostas por Silva *et al* (2006), Damianópolis e Paranã, encontradas na mesma unidade ecológica (2A), possuem *Miconia ferruginata* e *Mouriri elliptica* como espécies exclusivas.

As áreas do Planalto Central e do Piauí tiveram, em comum, seis espécies: *Alibertia edulis*, *Curatella americana*, *Magonia pubescens* e *Tabebuia serratifolia*, sendo que *Hirtella ciliata* e *Myracrodruon urundeuva* foram comuns entre as áreas do Piauí e de Paranã e Damianópolis (Unidade Ecológica 2A), enquanto as áreas do Planalto Central e da Chapada do Espigão Mestre do São Francisco tiveram, em comum, 43 espécies, sendo *Xylopia aromatica* e *Lafoensia pacari* em comum apenas com a Chapada dos Guimarães (Unidade Ecológica 1B), e *Aspidosperma macrocarpon*, *Emmotum nitens*, *Eriotheca pubescens*, *Eugenia dysenterica*, *Heisteria ovata*, *Kielmeyera lathrophyton* e *Myrcia canescens* em comum com Paranã e Damianópolis (Unidade Ecológica 2A).

As diferentes composições florísticas encontradas entre as áreas analisadas, mesmo considerando um tipo de solo, indicam a elevada heterogeneidade da vegetação do cerrado, como amplamente discutido por outros autores (Ratter & Dargie 1992; Castro *et al.* 1998; Felfili & Felfili 2000; Ratter *et al.* 2003, 2005; Bridgewater *et al.* 2004; Felfili *et al.* 2004, 2007; Felfili & Silva Júnior 1993, 2001, 2005), com padrão de distribuição da vegetação lenhosa em mosaico, onde há um número moderado de espécies comuns amplamente distribuídas pelo bioma e um grande número de espécies raras, característica de determinadas regiões.

Baseado na amostragem total foi elaborada a Tabela 3, onde estão indicados os parâmetros estruturais, riqueza e diversidade de cada área. As áreas estudadas foram bem representadas pelas espécies analisadas, com porcentagens maiores que 70%, no geral, com

Tabela 3. Características florísticas e estruturais das áreas analisadas de cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico. N° spp: número de espécies, N: indivíduos vivos.ha⁻¹, AB: área basal; H': índice de diversidade de Shannon (nats.indiv⁻¹), J: equabilidade de Pielou; spp analisadas: quantidade de espécies que participaram das análises multivariadas.

Área (Unidade Ecológica)	N° spp	N° famílias	N	AB (m ² .ha ⁻¹)	H'	J	Spp analisadas	Famílias com maior riqueza
P.N de Sete Cidades – PI (3D)	45	21	966	10,71	3,07	0,80	34	Fabaceae (12), Bignoniaceae (5)
Arraial – PI (3D)	48	26	873	12,84	2,74	0,70	33	Fabaceae (12), Combretaceae, Myrtaceae e Vochysiaceae (3)
Formosa do Rio Preto – BA (1D)	57	24	565	7,65	3,43	0,85	32	Fabaceae (13), Myrtaceae (6)
Correntina – BA (1D)	63	26	648	6,15	3,54	0,85	49	Fabaceae (13), Myrtaceae, Apocynaceae e Vochysiaceae (5)
Grande Sertão Veredas – MG / BA (1D)	65	25	750	8,45	3,51	0,84	57	Fabaceae (16), Myrtaceae (8) e Vochysiaceae (7)
Damianópolis – GO (2A)	52	25	833	11,22	3,18	0,80	52	Fabaceae (9), Myrtaceae e Vochysiaceae (9)
Paranã – GO (2A)	78	35	1205	11,72	3,38	0,77	63	Fabaceae (12), Myrtaceae (7)
Chapada dos Guimarães – MT (1B)	79	35	1152	9,29	3,55	0,81	61	Fabaceae (14), Myrtaceae (5)

exceção de Formosa do Rio Preto, que foi representada por 57,89%, indicando um maior número de espécies que ocorrem apenas nesta área.

A riqueza de espécies decresceu do Planalto Central ao Nordeste. As áreas com menor número de espécies encontradas, foram no Piauí, enquanto a Chapada dos Guimarães (Unidade Ecológica 1B) e Paranã (Unidade Ecológica 2A) obtiveram a maior riqueza (Tabela 3). Para Ratter *et al.* (2005), a diversidade alfa, em relação à riqueza florística, varia muito no bioma Cerrado, sendo raro encontrar mais de 100 espécies lenhosas em uma comunidade. Os dados encontrados corroboram com Ratter *et al.* (2005), que em relação à riqueza de espécies, as áreas do Mato Grosso são as que possuem mais espécies (de 41 a 106), seguidas por Goiás (de 65 a 91), nordeste de Minas Gerais (de 33 a 70 espécies) e cerrados na Bahia e sul do Piauí (de 28 a 55 espécies).

Contabilizando apenas os indivíduos vivos encontrados, as áreas com maior densidade de espécies foram Chapada dos Guimarães (Unidade Ecológica 1B) e Paranã (Unidade Ecológica 2A), seguidas pelas áreas do Piauí (Unidade Ecológica 3D) (Tabela 3).

Os maiores valores de área basal ocorreram nas áreas do Piauí (Unidade Ecológica 3D) e Paranã e Damianópolis (Unidade Ecológica 2A), enquanto os menores valores foram encontrados na Unidade Ecológica 1D (Formosa do Rio Preto, Correntina e Grande Sertão Veredas) (Tabela 3).

Em todas as áreas, a família com maior representatividade foi Fabaceae, com nove a 16 espécies em cada área (Tabela 3). A grande adaptabilidade dessa família é comumente citada em outros estudos, tanto em cerrado como em outras formações tropicais, provavelmente devido aos nódulos rizomatosos de algumas espécies que permitem a produção de nitrogênio em um solo comumente pobre em nutrientes (Goodland & Ferri 1979).

A segunda família com maior representatividade foi Myrtaceae, representada por três a oito espécies em sete áreas. As famílias com maior riqueza em apenas uma área foram Bignoniaceae, com cinco espécies no PN de Sete Cidades, Combretaceae com três espécies na Chapada Grande Meridional e Apocynaceae, com cinco espécies em Correntina (Tabela 3).

As áreas com maior diversidade alfa, pelo índice de Shannon (Tabela 3), foram Chapada dos Guimarães, Grande Sertão Veredas e Correntina e as áreas com menor diversidade foram PN de Sete Cidades e Chapada Grande Meridional, no Piauí.

Caracterização ambiental

Na Tabela 4 estão indicadas as variáveis ambientais analisadas em cada área. A amplitude latitudinal variou de 4°06' a 15°18' S, com a Chapada dos Guimarães, no Mato Grosso, representando o limite sul, e o PN de Sete Cidades, no Piauí, o limite norte. A amplitude longitudinal foi de 41°42' a 55°53' W, com o PN de Sete Cidades no limite leste e Chapada dos Guimarães no limite oeste. A altitude média variou de 183 m s.n.m na Chapada Grande Meridional a 1300 m s.n.m. em Damianópolis e Paranã.

Entre as áreas, a temperatura máxima variou de 35°C, nas áreas do Piauí e Formosa do rio Preto, a 29°C, nas áreas do Paranã e Damianópolis. Estas áreas também apresentaram os máximos da amplitude da temperatura mínima, entre 24°C a 17°C (Tabela 4).

A precipitação média anual variou de 1360 mm na Chapada Grande Meridional a 1730 mm em Damianópolis e Chapada dos Guimarães, com uma diferença de 370 mm entre as áreas, sendo que há uma diminuição da precipitação do planalto Central até o Piauí, passando pelo oeste da Bahia (Tabela 4).

Tabela 4. Variáveis ambientais das oito áreas analisadas de cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico e suas respectivas Unidades Ecológicas. Precip.: precipitação média anual; T. máx.: Temperatura máxima média; T mín.: Temperatura mínima média; T méd.: temperatura média compensada; m. sec: número de meses secos (Precip. \leq 2 x T média); Insol.: insolação (h.ano⁻¹); Long.: longitude; Latit.: latitude; Alt.: altitude média.

Área (Unidade Ecológica)	Precip.	T máx	T mín	T méd	m. sec	Insol.	Long.	Lat.	Alt.
PN de Sete Cidades – PI (3D)	1500	35	24	28	6	2920	41°42'	4°06'	198
Chapada Grande Meridional – PI (3D)	1360	35	24	28	7	2960	42°29'	6°32'	183
Formosa do Rio Preto – BA (1D)	1516	35	19	26	5	2200	45°27'	11°08'	550
Correntina – BA (1D)	1576	31	20	25	5	2760	45°24'	13°31'	770
Grande Sertão Veredas – MG / BA (1D)	1650	30	20	24	5	2720	45°56'	14°49'	783
Damianópolis – GO (2A)	1730	29	17	24	5	2690	46°09'	14°30'	1300
Paraná – GO (2ª)	1706	29	17	25	5	2710	46°26'	13°35'	1300
Chapada dos Guimarães – MT (1B)	1730	34	19	26	4	2560	55°53'	15°18'	437

Fontes: Felfili & Silva Junior 2001, INMET (www.inmet.gov.br).

Os meses secos variaram de sete, na Chapada Grande Meridional, a quatro, na Chapada dos Guimarães, sendo que a maioria das áreas possui por volta de cinco meses secos. Estas áreas também representaram a amplitude das horas de insolação, que variou de 2920 h.ano⁻¹ a 2560 h.ano⁻¹ (Tabela 4), de acordo com as Normais Climatológicas do INMET.

Classificação dos dados

As divisões obtidas pelo método TWINSpan encontram-se na Figura 2. Na primeira divisão, as áreas do Piauí (Unidade Ecológica 3D) foram separadas das demais áreas (autovalor de 0,4452), com *Byrsonima crassifolia* e *Parkia platycephala* como espécies indicadoras. O cerrado que ocorre no Nordeste é considerado como cerrado marginal distal, pois encontra-se no limite setentrional do Bioma, com influências da Caatinga, em uma área que é extensão da área “core” do bioma Cerrado (Castro & Martins 1999).

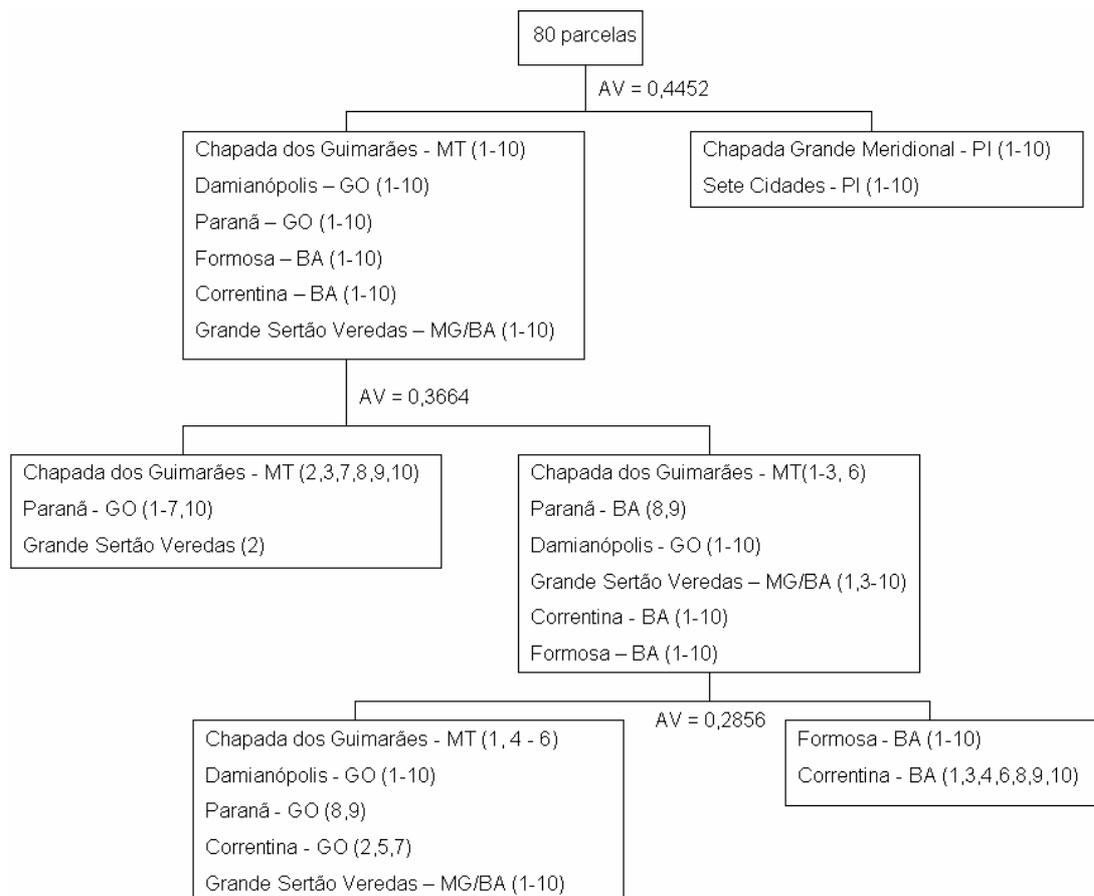


Figura 2. Classificação por TWINSpan das 80 parcelas analisadas de cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico. Os números entre parênteses correspondem às parcelas; AV: autovalor.

Para Castro & Martins (1999) e Ratter *et al.* (2003), os cerrados do Nordeste constituem um dos supercentros de diversidade da vegetação do Cerrado. A separação dos cerrados sobre solos arenosos do Piauí das demais áreas de cerrado analisadas, logo na primeira divisão obtida pelo método TWINSpan, corrobora com o que foi encontrado por Castro & Martins (1999) e Ratter *et al.* (2003), sugerindo que os cerrados marginais distais

são centros de endemismo (Castro & Martins 1999). Essa separação também evidencia que os cerrados do Piauí analisados se encontram na mesma Unidade Ecológica. Como na classificação das Unidades Ecológicas, propostas por Silva *et al.* (2006) e Felfili *et al.* (no prelo), a Unidade Ecológica 3D que compreende parte dos estados do Piauí e Maranhão, chega até a porção sul/meridional desses estados, recomenda-se estudos para investigar se essas áreas realmente pertencem à Unidade Ecológica 3D.

Na segunda divisão (autovalor de 0,3664), a maioria das parcelas da Chapada dos Guimarães (Unidade Ecológica 1B), junto com quatro parcelas do Paranã (Unidade Ecológica 2A), e uma do Grande Sertão (Unidade Ecológica 1D), foram separadas das demais parcelas (Figura 2), com as espécies *Byrsonima crassa*, *Magonia pubescens*, *Curatella americana* e *Terminalia argentea* como espécies indicadoras.

Na terceira divisão (autovalor 0,2856), as parcelas de Formosa do Rio Preto (Unidade Ecológica 1D), e a maioria das parcelas de Correntina (Unidade Ecológica 1D), foram separadas das demais áreas, que obtiveram *Caryocar brasiliense* e *Byrsonima coccolobifolia* como espécies indicadoras.

Para Castro & Martins (1999), os cerrado encontrados no Planalto Central, como as parcelas analisadas da Chapada dos Guimarães, Paranã e Damianópolis, constituem um supercentro de diversidade do cerrado, enquanto Ratter *et al.* (2003) separam as áreas de Mato Grosso e Goiás em grupos distintos. Em relação à definição dos cerrados do Nordeste, onde são incluídas as parcelas da Chapada do Espigão Mestre do São Francisco e do Piauí, há consenso entre os grupos definidos por Castro & Martins (1999) e Ratter *et al.* (2003), porém, para estes últimos autores, as parcelas amostradas no Paranã e Damianópolis, localizados no noroeste de Goiás, também fazem parte dos Cerrados do Nordeste. Na divisão obtida pela classificação do TWINSPLAN no presente trabalho, a separação dos grupos obtidos por Castro & Martins (1999) e Ratter *et al.* (2003) ficou evidenciada pela separação de parcelas da Chapada dos Guimarães (Unidade Ecológica 1B) e Paranã (Unidade Ecológica 2A) das demais áreas na segunda divisão, corroborando com os grupos definidos por Castro & Martins, onde as áreas do Mato Grosso e Goiás fazem parte do supercentro do Planalto Central, enquanto as demais áreas separadas nessa divisão compreendem os cerrados do Nordeste definido por Ratter *et al.* (2003) A separação das parcelas amostradas em Formosa do Rio Preto (Unidade Ecológica 1D) e Correntina (Unidade Ecológica 1D) na terceira divisão, evidenciam o grupo dos cerrados do Nordeste, definidos por Castro & Martins (1999) e Ratter *et al.* (2003), mesmo analisando áreas que ocorram sobre um mesmo tipo de solo.

Mesmo áreas encontradas na mesma unidade ecológica, proposta por *Silva et al.* (2006), foram separadas na divisão obtida pelo método TWINSpan (Figura 2), como as áreas do Paranã e Damianópolis, que se encontram na Unidade Ecológica 2A e Grande Sertão Veredas das áreas de Correntina e Formosa do Rio Preto, que pertencem a Unidade Ecológica 1D. Este fato evidencia a heterogeneidade ambiental do bioma Cerrado, que exerce ampla influência nas comunidades florísticas de cerrado s.s. encontradas em um mesmo tipo de solo (Neossolo Quartzarênico) e relativamente próximas, ou em uma mesma unidade ecológica.

Grande Sertão Veredas (Unidade Ecológica 1D) e Damianópolis (Unidade Ecológica 2A) não foram separadas pelo método TWINSpan, indicando uma maior semelhança florística e estrutural entre estas áreas, possivelmente devido à sua proximidade, pois embora as parcelas analisadas no Grande Sertão Veredas encontrem-se na mesma Unidade Ecológica que Formosa do Rio Preto e Correntina, situadas no nordeste da Bahia, Grande Sertão Veredas encontra-se mais próximo de Damianópolis do que das outras áreas na Bahia

Castro & Martins (1999) e Ratter *et al.* (2003) consideram os cerrados do Nordeste como as áreas situadas principalmente no Piauí, Maranhão e Bahia. No presente estudo, foi encontrada uma grande variação entre os cerrados da Bahia e do Piauí, sugerindo que estas áreas formam subgrupos distintos dentro dos cerrados do Nordeste, corroborando com o encontrado por *Silva et al.* (2006), que classificam estas regiões em Unidades Ecológicas distintas.

Na primeira divisão obtida pelo método TWINSpan ocorreram como espécies não-preferenciais: *Agonandra brasiliensis*, *Andira vermifuga*, *Bowdichia virgilioides*, *Magonia pubescens*, *Pouteria ramiflora*, *Qualea grandiflora*, *Qualea parviflora*, *Salvertia convallariodora*, *Tabebuia ochracea*, *Terminalia fagifolia*, *Vatairea macrocarpa*, *Hymenaea stigonocarpa* e *Curatella americana*. Todas estas espécies possuem ampla distribuição pelo bioma Cerrado (Ratter *et al.* 2003, 2005) e foram bem representadas em todas as regiões estudadas. Dessa forma, podem ser indicadas para a recuperação de áreas de cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico em todo o bioma.

Já as espécies *Anacardium occidentale*, *Annona coriacea*, *Byrsonima crassifolia*, *Caryocar coriaceum*, *Copaifera coriacea*, *Curatella americana*, *Dimorphandra gardneriana*, *Himatanthus drasticus*, *Lafoensia vandelliana*, *Parkia platycephala*, *Plathymenia reticulata*, *Salacia elliptica*, *Sclerolobium paniculatum*, *Simarouba versicolor*, *Stryphnodendron coriaceum*, *Vitex flavens*, *Terminalia fagifolia*, *Vatairea macrocarpa*, *Hymenaea stigonocarpa* e *Qualea grandiflora*, que foram espécies preferenciais para as áreas do Piauí,

devem ser preferencialmente utilizadas na recuperação de áreas de cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico nesta região.

Ordenação

Na Análise de Correspondência Canônica (CCA), as variáveis que tiveram maior correlação com as parcelas e espécies analisadas foram temperaturas média e mínima anuais, precipitação média anual, insolação e número de meses secos. Todas estas variáveis tiveram alta correlação com o primeiro eixo (Tabela 5), que mostrou-se significativo a 5% ($P = 0,005$), com autovalor de 0,451. As variáveis explicaram 59,8% da variação dos dados. As variáveis geográficas não mostraram correlação com o primeiro e segundo eixos da ordenação e foram retiradas da análise.

Tabela 5. Valores de correlação das variáveis no primeiro e segundo eixos da Análise de Correspondência Canônica (CCA) para as 80 parcelas amostradas em cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico.

Variáveis	Primeiro eixo	Segundo eixo
Temperatura média	0,8506	0,2928
Temperatura mínima	0,8162	-0,0854
Meses secos	0,7884	- 0,4612
Precipitação média	- 0,7670	0,2721
Insolação	0,7162	-0,2182
Variação cumulativa (%)	39,0	20,8
Autovalor	0,451	0,240

O diagrama de ordenação, obtido através da CCA (Figura 3), mostrou uma forte separação das parcelas amostradas no Piauí (Unidade Ecológica 3D) das demais áreas, e as parcelas amostradas na Chapada dos Guimarães (Unidade Ecológica 1B) também foram separadas das demais áreas. As parcelas amostradas em Paranã e Correntina, assim como as amostradas em Formosa do Rio Preto e Damianópolis encontraram-se mais próximas no diagrama de ordenação (Figura 3). A proximidade destas áreas no eixo de ordenação reflete a sua localização, que se encontram em uma mesma Unidade Ecológica (1D, para as áreas de Correntina, Formosa do Rio Preto e Grande Sertão Veredas, e 2A para Damianópolis e Paranã) ou Unidades Ecológicas próximas (1D e 2A, Figura 1). Com esta localização das

Unidades Ecológicas e áreas estudadas, as variáveis ambientais analisadas devem atuar de maneira semelhante sobre a composição florística destes cerrados.

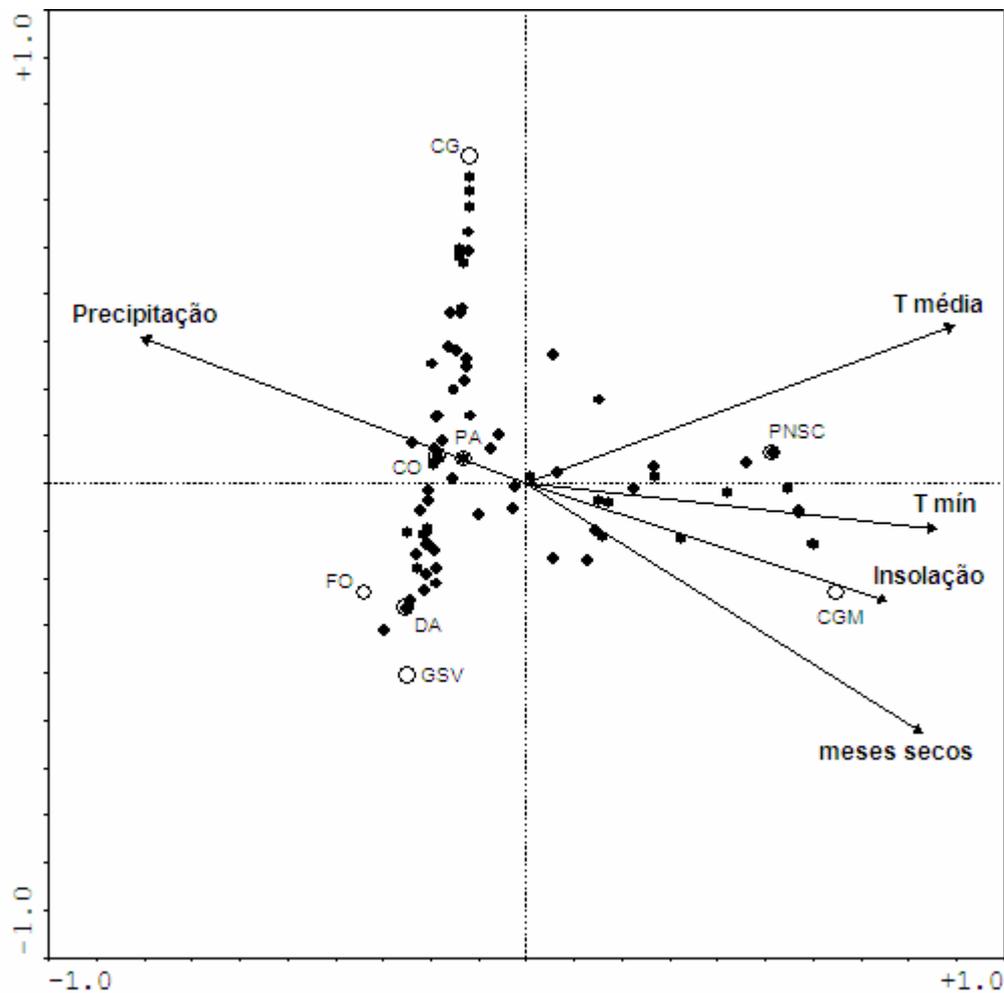


Figura 3. Diagrama de ordenação produzido pela Análise de Correspondência Canônica (CCA) entre as 80 parcelas amostradas em cerrado *sensu stricto* sobre Neossolo Quartzarênico e variáveis ambientais. FO: Formosa do Rio Preto; CO: Correntina; GSV: Grande Sertão Veredas; DA: Damianópolis; PA: Paranã; CG: Chapada dos Guimarães; PNSC: Parque Nacional de Sete Cidades; CGM: Chapada Grande Meridional.

A separação obtida entre as áreas corrobora com os grupos definidos por Ratter *et al.* (2003), com a Chapada dos Guimarães representando o grupo do Centro Oeste e as demais áreas os cerrados do Nordeste. Porém, a forte diferenciação entre áreas do Piauí e as demais áreas, sugerem que os cerrados do Piauí possuem uma flora e estrutura diferenciada, compondo um subgrupo dentro do grupo cerrados do Nordeste.

As áreas do Piauí (Unidade Ecológica 3D) tiveram alta correlação com as temperaturas média e mínima anuais, número de meses secos e insolação, enquanto as demais áreas tiveram maior correlação com a precipitação (Figura 3).

Na maioria das propostas fitogeográficas sobre os padrões de distribuição da vegetação lenhosa do cerrado s.s., as variáveis ambientais que se destacam na influência desses padrões são os solos (Ratter & Dargie 1992, Felfili *et al.* 1994, 1997, 2004, 2006, 2007; Felfili & Silva Junior 1993, 2001, 2005, Ratter *et al.* 2003, 2005, Silva *et al.* 2006), temperatura e deficiência hídrica (Ratter *et al.* 2003, 2005, Duringan *et al.* 2003), e variáveis geográficas, como altitude e relevo (Castro & Martins 1999, Felfili *et al.* 1994, 1997, 2004, 2006, 2007, Felfili & Silva Junior 1993, 2001, 2005, Silva *et al.* 2006), e latitude (Ratter & Dargie 1992, Castro & Martins 1999, Ratter *et al.* 2003, 2005). No presente estudo, as variáveis climáticas parecem exercer maior influência na distribuição das espécies ocorrentes em cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico, embora as variáveis climáticas muitas vezes sejam determinadas pela posição geográfica e altitudinal das áreas. Duringan *et al.* (2003), analisando 86 áreas de cerrado no Estado de São Paulo, também encontraram uma grande influência das variáveis climáticas, como precipitação, temperatura e duração da seca, sobre as formações de cerrado. Mesmo com a análise de parcelas encontradas sobre um mesmo tipo de solo (Neossolo Quartzarênico), pequenas variações nas propriedades químicas e físicas do solo influenciam na distribuição das espécies, como verificado nos capítulos anteriores (Capítulos 3 e 5).

As espécies mais correlacionadas com as áreas do Piauí foram *Dimorphandra gardneriana*, *Stryphnodendron coriaceum*, *Byrsonima crassifolia*, *Lafoensia vandelliana*, *Himatanthus drasticus*, *Simarouba versicolor*, *Vitex flavens*, *Parkia platycephala*, *Salacia elliptica*, *Plathymenia reticulata*, *Copaifera coriacea*, *Caryocar coriaceum* e *Myracrodruon urundeuva*.

As espécies com maior correlação com as parcelas da Chapada dos Guimarães foram: *Pseudombombax longiflorum*, *Mouriri pusa*, *Simarouba amara*, *Salacia crassifolia*, *Roupala montana*, *Hancornia speciosa*, *Rourea induta* e *Davilla elliptica*.

Com as áreas amostradas em Formosa do Rio Preto, Damianópolis e Grande Sertão Veredas, as espécies mais correlacionadas foram: *Lafoensia pacari*, *Tocoyena formosa*, *Emmotum nitens*, *Buchenavia tomentosa*, *Erythroxylum deciduum*, *Eugenia dysenterica*, *Byrsonima verbascifolia*, *Pouteria torta*, *Myrcia canescens*, *Machaerium acutifolium*, *Psidium mysinoides* e *Annona crassiflora*. Destas espécies, apenas *Annona crassiflora* e *Eugenia dysenterica* ocorreram nas três áreas.

As espécies mais correlacionadas com as parcelas amostradas em Correntina e Paranã foram: *Ouratea hexasperma*, *Himatanthus obovatus*, *Byrsonima coccolobifolia*, *Eriotheca gracilipes*, *Plenckia populnea* e *Strychnos pseudoquina*.

Conservação dos cerrados sobre Neossolos Quartzarênicos

As unidades de conservação de proteção integral onde ocorre vegetação de cerrado sobre Neossolos Quartzarênicos, de acordo com o mapa de solos do IBGE, contabilizam em oito Parques Nacionais (PN da Chapada da Mesa - MA, PN da Chapada dos Veadeiros – GO, PN da Chapada dos Guimarães – MT, PN Grande Sertão Veredas – MG e BA, PN Cavernas do Peruaçu – MG, PN de Sete Cidades – PI, PN das Emas – GO e PN das Nascentes do Rio Parnaíba – TO, PI e MA), um Refúgio de Vida Silvestre (RVS das Veredas do Oeste Baiano – BA), duas Estações Ecológicas (EE do Iquê – MT e EE da Serra Geral do Tocantins – TO e BA) e quatro Parques Estaduais (PE do Jalapão – TO, PE da Terra Ronca – GO, PE Serra das Araras – MG e PE Serra de Santa Bárbara – MT).

Das áreas analisadas, que estão protegidas legalmente, há o PN de Sete Cidades (PNSC) e o Grande Sertão Veredas, cujas parcelas sobre Neossolos foram alocadas no PN Grande Sertão Veredas e na RPPN Fazenda Trijunção. No PN da Chapada dos Guimarães, foi alocada apenas uma parcela em cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico.

Das 198 espécies que ocorrem nas áreas analisadas de cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico, o PNSC e o Grande Sertão Veredas protegem 91 (45,95%), sendo 54 espécies com ampla distribuição pelo bioma (Ratter *et al.* 2003, 2005). Dessas espécies protegidas, 72 ocorrem em mais de duas áreas analisadas e apenas 18 são comuns entre as duas áreas protegidas.

O PN Grande Sertão Veredas protege uma boa representação da flora que ocorre na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco (Unidade Ecológica 1D), pois possui várias espécies em comum com Correntina e Formosa do Rio Preto (Felfili & Silva Junior 2001). Apesar da semelhança florística, o PN Grande Sertão Veredas não cobre toda a variação estrutural do cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico que ocorre nessa Unidade Ecológica, e dessa forma sugere-se a criação de Unidades de Conservação complementares (Felfili & Silva Junior 2001).

Na região da Chapada dos Guimarães, que possuiu uma elevada similaridade florística com as áreas da Unidade Ecológica 2A, sugere-se também a criação de unidades de conservação complementares, uma vez que nessa região há grande extensões de cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico e essa Unidade Ecológica não possui uma área conservada representativa da região (apenas 0,23%, no PN da Chapada dos Guimarães, de acordo com Silva *et al.* 2006).

A alta diversidade beta encontrada entre diferentes comunidades no cerrado s.s. (Felfili & Silva Junior 1993, 2004; Felfili & Felfili 2001; Ratter *et al.* 2003, 2005,

Bridgewater *et al.* 2004, Silva *et al.* 2006) e a pouca quantidade de espécies amplamente distribuídas e protegidas por UC pequenas, como o PNSC, são importantes fatores a serem considerado para a criação de novas e extensas unidades de conservação no bioma Cerrado.

A situação da conservação dos cerrados s.s. sobre Neossolo Quartzarênico é ainda mais alarmante no Piauí, visto que na Unidade Ecológica em que as áreas ocorrem (3D), há apenas o PNSC e nessa região há várias espécies com distribuição restrita. A efetiva proteção de poucas espécies amplamente distribuídas no cerrado pelo PNSC corrobora a necessidade de ampliação desse parque, já proposto pelo plano de manejo desta unidade de conservação (IBDF 1979).

Ainda há a necessidade de se ampliar o Sistema Nacional de Unidades de Conservação com a criação de novas áreas protegidas em cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico, devido às elevadas diversidades alfa e beta encontradas. É recomendável que as áreas criadas sejam de proteção integral, visto que esse tipo de solo retém pouco nutriente e é bastante erosivo, além de possibilitar a efetiva manutenção das espécies. Porém, categorias de unidades de conservação alternativas também devem ser implementadas em conjunto com as unidades de conservação de proteção integral, como RPPNs e Reservas Extrativistas, especialmente em locais onde o uso dos recursos é mais intenso, porém não predatório, permitindo que a cultura local de extrativismo coexista em paralelo com a conservação da natureza, como no caso da criação da Reserva Extrativista do Cerrado da Chapada Grande Meridional (Costa *et al.* 2007).

Conclusões

De 198 espécies ocorrentes nas parcelas analisadas de cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico, 94 ocorreram em duas áreas ou mais, sendo que apenas *Qualea parviflora*, *Pouteria ramiflora*, *Bowdichia virgilioides* e *Hymenaea stigonocarpa* ocorreram em todas as áreas.

A maioria das espécies analisadas ocorre em outras formações savânicas e florestais e a riqueza de espécies decresceu do Planalto Central ao Nordeste.

Em relação às variáveis ambientais, o PN de Sete Cidades e Chapada dos Guimarães representaram as amplitudes das variações longitudinais, altitudinais, meses secos e de horas de insolação.

Tanto nas divisões obtidas pelo método TWINSPAN, quanto na Análise de Correspondência Canônica, as áreas do Piauí encontraram-se fortemente separadas das demais

áreas, sugerindo que os cerrados do Piauí formam um subgrupo distinto das demais áreas dos cerrados do Nordeste.

Mesmo áreas encontradas na mesma unidade ecológica, foram separadas na divisão obtida pelo método TWINSpan, como as áreas do Paranã e Damianópolis, que se encontram na Unidade Ecológica 2A e Grande Sertão Veredas das áreas de Correntina e Formosa do Rio Preto, que pertencem a Unidade Ecológica 1D. Este fato evidencia a heterogeneidade ambiental do bioma Cerrado, que exerce ampla influência nas comunidades florísticas de cerrado s.s. encontradas em um mesmo tipo de solo (Neossolo Quartzarênico) e relativamente próximas, ou em uma mesma unidade ecológica.

As espécies *Agonandra brasiliensis*, *Andira vermifuga*, *Bowdichia virgilioides*, *Magonia pubescens*, *Pouteria ramiflora*, *Qualea grandiflora*, *Qualea parviflora*, *Salvertia convallariodora*, *Tabebuia ochracea*, *Terminalia fagifolia*, *Vatairea macrocarpa*, *Hymenaea stigonocarpa* e *Curatella americana* possuem ampla distribuição pelo bioma Cerrado e foram bem representadas em todas as regiões estudadas e, dessa forma, podem ser indicadas para a recuperação de áreas de cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico em todo o bioma.

Na Análise de Correspondência Canônica (CCA), as variáveis que tiveram maior correlação com as parcelas e espécies analisadas foram temperaturas média e mínima anuais, precipitação média anual, insolação e número de meses secos. As variáveis explicaram 59,8% da variação dos dados e tiveram alta correlação com o primeiro eixo ($P = 0,005$; autovalor de 0,451).

O PN de Sete Cidades (PNSC) e o Grande Sertão Veredas, cujas parcelas sobre Neossolos foram alocadas no PN Grande Sertão Veredas e na RPPN Fazenda Trijunção foram as áreas analisadas que estão protegidas legalmente. Estas áreas protegem 91 (45,95%) espécies que ocorrem em cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico. Destas espécies protegidas, 72 ocorrem em mais de duas áreas analisadas e apenas 18 são comuns entre as duas áreas protegidas.

A alta diversidade beta encontrada entre diferentes comunidades no cerrado s.s. e a pouca quantidade de espécies amplamente distribuídas e protegidas por UC pequenas, como o PNSC, são importantes fatores a serem considerados para a criação de novas e extensas unidades de conservação no bioma Cerrado.

A efetiva proteção de poucas espécies amplamente distribuídas no cerrado pelo PNSC corrobora a necessidade de ampliação desse parque, já proposto pelo plano de manejo dessa unidade de conservação (IBDF 1979).

Na região da Chapada dos Guimarães sugere-se também a criação de unidades de conservação complementares, uma vez que nessa região há grandes extensões de cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico e essa Unidade Ecológica não possui uma área conservada representativa da região.

É recomendável que as áreas criadas sejam de proteção integral, visto que esse tipo de solo retém pouco nutriente e é bastante erosivo, além de possibilitar a efetiva manutenção das espécies.

Agradecimentos

À equipe da BIOTEN, do Laboratório de Manejo Florestal do Departamento de Engenharia Florestal da UnB pelo apoio no desenvolvimento das fases de campo no Piauí, ao CNPq-PELD e Programa de Pós Graduação em Ecologia pelo financiamento e ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado.

Referências bibliográficas

- Bridgewater, S.; Ratter, J.A.; Ribeiro, J.F. 2004. Biogeographic patterns, β -diversity and dominance in the Cerrado biome of Brazil. **Biodiversity and Conservation** **13**: 2295-2318.
- Castro, A.A.J.F. & Martins, F.R. 1999. Cerrados do Brasil e do Nordeste: caracterização, área de ocupação e considerações sobre a sua fitodiversidade. **Pesquisa Foco** **7**(9): 147-178
- Castro, A.A.J.F.; Martins, F.R.; Fernandes, A.G. 1998. The woody flora of cerrado vegetation in the State of Piauí, Northeastern Brazil. **Edinburgh Journal of Botany** **55**(3): 455-472.
- Cochrane, T.T.; Sanchez, L.G.; Azevedo, L.G.; Porras, J.A.; Garver, C.L. 1985. **Land in Tropical America**. Cali, CIAT/EMBRAPA. 3 vols.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2007. Mapa Geomorfológico do Estado do Piauí. Disponível em www.cprm.gov.br.
- Durigan, G.; de Siqueira, M.F.; Franco, G.A.D.; Bridgewater, S. Ratter, J.A. 2003. The vegetation of priority areas for Cerrado conservation in São Paulo State, Brazil. **Edinburgh Journal of Botany** **60**(2): 217-241.
- Felfili, J.M.; Felfili, M.C.; Fagg, C.W.; Rezende, A.B.; Nogueira, P.E.; Silva Junior, M.C. 2006. Phytogeography of cerrado sensu stricto and Land System Zoning in Central Brazil. Pp. 79-94. *In*: Pennington, R.T.; Lewis, G.P.; Ratter, J.A. **Neotropical savannas and seasonally dry forests: plant diversity, biogeography and conservation**. CRC Press.

- Felfili, J.M. & Silva Júnior, M.C. 1993. A comparative study of cerrado (*sensu stricto*) vegetation in Central Brazil. **Journal of Tropical Biology** 9: 277-289.
- Felfili, J.M. & Silva Júnior, M.C. 2001. **Biogeografia do Bioma Cerrado: estudo fitofisionômico na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco**. Brasília, UnB/FT/Departamento de Engenharia Florestal. 144p.
- Felfili, J.M. & Silva Júnior, M.C. 2005. Diversidade alfa e beta no cerrado *sensu stricto*, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais e Bahia. Pp: 143-154. *In*: Scariot, A.; Sousa-Silva, J.C.; Felfili, J.M (orgs.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente.
- Felfili, J.M., Filgueiras, T.S., Haridasan, M., Silva Júnior, M.C., Mendonça, R. & Rezende, A.V. 1994. Projeto Biogeografia do Bioma Cerrado: vegetação e solos. **Cadernos de Geociências do IBGE** 12: 75-166.
- Felfili, J.M.; Mendonça, R.C.; Walter, B.M.T.; Silva Júnior, M.C.; Nóbrega, M.G.G.; Fagg, C.W.; Sevilha, A.C.; Silva, M.A. 2001. Flora fanerogâmica das Matas de Galeria e Ciliares do Brasil Central. Pp: 195-263. *In*: Ribeiro, J.F.; Fonseca, C.E.L.; Souza-Silva, J.C. (orgs.). **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. Planaltina, Embrapa Cerrados.
- Felfili, J.M.; Silva Júnior, M.C.; Rezende; Nogueira, P.E.; Walter, B.M.T.W.; Silva, M.A.; Encinas, J.I. 1997. Comparação florística e fitossociológica do cerrado nas Chapadas Pratinha e dos Veadeiros. *In*: Leite, L & Saito, C. (orgs.). **Contribuição ao conhecimento ecológico do Cerrado**. Brasília, UnB.
- Felfili, J.M.; Silva Júnior, M.C.; Sevilha, A.C.; Fagg, C.W.; Walter, B.M.T.W.; Nogueira, P.E; Rezende, A.V. 2004. Diversity, floristic and structural patterns of cerrado vegetation in Central Brazil. **Plant Ecology** 175: 37-46.
- Felfili, J.M; Rezende, A.V.; Silva Júnior, M.C. 2007. **Biogeografia do Bioma Cerrado: vegetação e solos da Chapada dos Veadeiros**. Brasília, Editora Universidade de Brasília/Finatec. 256p.
- Felfili, M.C & Felfili, J.M. 2001. Diversidade alfa e beta no cerrado *sensu stricto* da Chapada Pratinha, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 15(2): 243-254.
- Goodland, R. & Ferri, M.G. 1979. **Ecologia do Cerrado**. São Paulo, Ed. Itatiaia/Ed. da Universidade de São Paulo. 193 p.
- Hill, M.O. 1979. **TWINSPAN – a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordeneted two-way table by classification of the individuals and attributes**. Ithaca, Cornell University. 90p.

- IBDF - Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. 1979. **Plano de Manejo: Parque Nacional de Sete Cidades**. Brasília, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - M.A/Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza (FBCN). 61 p.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1996. Macrozoneamento Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba. **Estudos e Pesquisas em Geociências 4**. Rio de Janeiro, IBGE. 111p.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2004. Mapas dos Biomas. Disponível em www.ibge.gov.br.
- Kent, M.; Coker, P. 1992. **Vegetation description and analysis: a practical approach**. London, CRC Press & Belhaven Press. 354 p.
- Lindoso, G.S & Felfili, J.M. 2007. Características florísticas e estruturais de Cerrado *sensu stricto* em Neossolo Quartzarênico. **Revista Brasileira de Biociências 5(2):102-104**.
- McCune B. & Mefford, M.J. 1997. **PC-ORD version 3.17: Multivariate analysis of ecological**. Oregon, MjM Software.
- Mendonça, R.C., Felfili, J.M. Walter, B.M.T., Silva Júnior, M.C., Rezende, A.V., Filgueiras, T.S., Ernani, P.N. 1998. Flora vascular do Cerrado. Pp: 289-556. *In*: Sano, S.M., Almeida, S.P.(orgs.). **Cerrado: Ambiente e Flora**. Planaltina, Embrapa Cerrados.
- Mendonça, R.C.; Felfili, J.M.; Fagg, C.W.; Silva, M.A.; Filgueiras, T.S.; Walter, B.M.T. 2000. Florística da região do Espigão Mestre do São Francisco, Bahia e Minas Gerais. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer 6**: 38-94.
- Ratter, J.A. & Dargie, T.C.D. 1992. An analysis of the floristic composition of 26 cerrado areas in Brazil. **Edinburgh Journal of Botany 49(2)**: 235-250.
- Ratter, J.A., Bridgewater, S., Ribeiro, J.F. 2003. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: Comparison of the wood vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany 60**: 57-109.
- Ratter, J.A., Bridgewater, S., Ribeiro, J.F. 2005. Biodiversity patterns of the woody vegetation of the Brazilian Cerrados. Pp.31-58. *In*: Pennington, R.T., Lewis, G.P., Ratter J.A. **Neotropical Savannas and dry forests: Diversity, Biogeography and Conservation**. CRC Press.
- Rizzini, C.T. **Tratado de Fitogeografia do Brasil: aspectos sociológicos, ecológicos e florísticos**. Rio de Janeiro, Âmbito Cultural Edições Ltda. 1997. 747p.
- Silva, J.F.; Fariñas, M.R.; Felfili, J.M.; Klink, C.A. 2006. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. **Journal of Biogeography 33**: 536-548

- Ter Braak, C.J.F. & Smilauer, P. 1999. **Canoco for Windows version 4.02**. Wageningen. Centre for Biometry Wageningen.
- Ter Braak, C.J.F. 1986. Canonical Correspondence Analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. **Ecology** **67**(5):1167-1179.

Conclusões gerais

Nos cerrados *sensu stricto* (s.s.) sobre Neossolo Quartzarênico distribuídos em manchas na Chapada Grande Meridional e no Parque Nacional de Sete Cidades (PNSC), foram encontradas espécies de ampla distribuição no bioma Cerrado e o caráter marginal foi evidenciado pela presença de espécies típicas dos cerrados do Nordeste e com ocorrência restrita a essa região e baixa riqueza florística.

De 198 espécies ocorrentes nas 80 parcelas analisadas de cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico, 94 ocorreram em duas áreas ou mais, sendo que apenas *Qualea parviflora*, *Pouteria ramiflora*, *Bowdichia virgilioides* e *Hymenaea stigonocarpa* ocorreram em todas as áreas e 45,95% encontram-se protegidas em unidades de conservação.

No geral, a densidade e riqueza encontradas nas áreas analisadas no Piauí estão dentro dos limites encontrados para cerrado s.s. no bioma, indicando a semelhança do cerrado marginal com a vegetação ao longo do bioma. A maioria dos indivíduos amostrados nestas áreas encontrou-se nas faixas de diâmetro e altura características da vegetação de cerrado s.s., porém, os limites superiores de altura indicam um padrão estrutural diferenciado para a estrutura vertical dos cerrados do Nordeste, que possuem árvores mais altas do que os cerrados do Brasil Central.

A diversidade beta encontrada entre as parcelas alocadas nos cerrados s.s. sobre Neossolo Quartzarênico do PNSC e da Chapada Grande Meridional foram elevadas, caracterizando a heterogeneidade dos cerrados, mesmo sobre um tipo de solo, onde pequenas diferenciações ambientais que ocorrem ao longo das manchas de cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico na região, como variações na fertilidade, salinidade, acidez e textura do solo e altitude, promovem diferentes densidades das espécies.

A CCA mostrou que as variáveis edáficas e altitude analisadas no PNSC e na Chapada Grande Meridional explicaram mais da metade da variação na densidade e composição de espécies entre parcelas e indicou uma elevada heterogeneidade ambiental mesmo estando todas as parcelas em condições de solo distrófico. A concentração de sódio encontrada nestas áreas parece influenciar a distribuição da vegetação e deve estar correlacionada com a distância do mar.

Tanto nas divisões obtidas pelo método TWINSpan, quanto na Análise de Correspondência Canônica, as áreas do Piauí encontraram-se fortemente separadas das demais áreas, sugerindo que os cerrados do Piauí formam um subgrupo distinto das demais áreas dos cerrados do Nordeste. Na Análise de Correspondência Canônica (CCA), as variáveis que

tiveram maior correlação com as parcelas e espécies analisadas foram temperaturas média e mínima anuais, precipitação média anual, insolação e número de meses secos.

Psidium myrsinites, *Stryphnodendron coriaceum*, *Salvertia convallariodora*, *Salacia elliptica*, *Dimorphandra gardneriana* e *Oxandra sessilis* podem ser utilizadas na recuperação de áreas de cerrado com solo com caráter solódico na região onde se insere o PNSC.

As espécies *Agonandra brasiliensis*, *Andira vermifuga*, *Bowdichia virgilioides*, *Magonia pubescens*, *Pouteria ramiflora*, *Qualea grandiflora*, *Qualea parviflora*, *Salvertia convallariodora*, *Tabebuia ochracea*, *Terminalia fagifolia*, *Vatairea macrocarpa*, *Hymenaea stigonocarpa* e *Curatella americana* possuem ampla distribuição pelo bioma Cerrado e foram bem representadas em todas as regiões estudadas e desta forma, podem ser indicadas para a recuperação de áreas de cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico em todo o bioma.

A alta diversidade beta encontrada entre diferentes comunidades no cerrado s.s. e a pouca quantidade de espécies amplamente distribuídas e protegidas, são importantes fatores a serem considerado para a criação de novas e extensas unidades de conservação no bioma Cerrado.

Recomendações

- É necessário que haja mais estudos verificando a ocorrência e influência do sódio, manganês, fósforo e ferro na vegetação de cerrado s.s. no PNSC, além da drenagem e profundidade do solo assim como estudos ecofisiológicos sobre níveis críticos de nutrientes para plantas nativas.

- A fragilidade de solos arenosos, como o Neossolo Quartzarênico, com grande propensão a erosão, aliada à possível tendência a sodificação encontrada nos solos do PNSC, mostram que o manejo mais adequado deste tipo de ecossistema é a sua efetiva conservação, com a manutenção da vegetação nativa. Considerando a representatividade do PNSC na proteção de espécies restritas aos cerrados do Nordeste e sua elevada diversidade beta, e a presença de extensas áreas de cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico na região, a ampliação desta unidade de conservação é urgente e providencial, para a manutenção dos serviços deste ecossistema.

- Na região da Chapada dos Guimarães, sugere-se também a criação de unidades de conservação complementares, uma vez que nesta região há grandes extensões de cerrado s.s. sobre Neossolo Quartzarênico e esta Unidade Ecológica não possui uma área conservada representativa da região.

- É recomendável que as unidades de conservação criadas sejam de proteção integral, visto que este tipo de solo retém pouco nutriente e é bastante erosivo, além de possibilitar a efetiva manutenção das espécies.