

**PERFIL FLORÍSTICO-ESTRUTURAL, RELAÇÃO SOLO-VEGETAÇÃO E
DINÂMICA DE COMUNIDADES DE CERRADO NA TRANSIÇÃO CERRADO-
AMAZÔNIA, MATO GROSSO, BRASIL**

LEONARDO MARACAHIPES DOS SANTOS

NOVA XAVANTINA-MT

FEVEREIRO DE 2015

**PERFIL FLORÍSTICO-ESTRUTURAL, RELAÇÃO SOLO-VEGETAÇÃO E
DINÂMICA DE COMUNIDADES DE CERRADO NA TRANSIÇÃO CERRADO-
AMAZÔNIA, MATO GROSSO, BRASIL**



LEONARDO MARACAHIPES DOS SANTOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade do Estado de Mato Grosso – *Campus* de Nova Xavantina, como requisito parcial à obtenção do título de “Mestre em Ecologia e Conservação”.

Orientador: Dr. Eddie Lenza de Oliveira

Coorientador: Dr. Pedro Vasconcellos Eisenlohr

NOVA XAVANTINA-MT

FEVEREIRO DE 2015

Ficha catalográfica

S237p Santos, Leonardo Maracahipes dos (1986 -).

Perfil Florístico-estrutural, relação solo-vegetação e dinâmica de comunidades de Cerrado na transição Cerrado-Amazônia, Mato Grosso, Brasil. /Leonardo Maracahipes dos Santos. Nova Xavantina, 2015.

80 f.: il.

Orientador: Eddie Lenza de Oliveira

Coorientador: Pedro Vasconcelos Eisenlohr

Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) - Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, 2015.

1. Florística. 2. Vegetação. 3. Solos. 4. Cerrado-Amazônia, Mato Grosso. I. Título.

CDU – 581.9(817.2)

Bibliotecária: Thais Caroline Souza Silva – CRB 1/2921

**PERFIL FLORÍSTICO-ESTRUTURAL, RELAÇÃO SOLO-VEGETAÇÃO E
DINÂMICA DE COMUNIDADES DE CERRADO NA TRANSIÇÃO CERRADO-
AMAZÔNIA, MATO GROSSO, BRASIL**

LEONARDO MARACAHIPES DOS SANTOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade do Estado de Mato Grosso, *campus* de Nova Xavantina, como requisito parcial à obtenção do título de “Mestre em Ecologia e Conservação”.

Aprovada em 20 de fevereiro de 2015, pela BANCA EXAMINADORA:



Dr. Eddie Lenza de Oliveira

Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT
Faculdade de Ciências Agrárias, Biológicas e Sociais Aplicadas

Orientador



Dra. Beatriz Schwantes Marimon

Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT
Faculdade de Ciências Agrárias, Biológicas e Sociais Aplicadas

Membro titular



Dr. José Roberto Rodrigues Pinto

Universidade de Brasília – UnB
Departamento de Engenharia Florestal

Membro titular



Dr. Henrique Augusto Mews

Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação

Membro suplente

*Aos meus pais Luiz Maracahipes da Silva e
Helena Maria dos Santos Silva,
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela força concedida durante todo esse trabalho.

Em especial, à minha família, meus pais, Luiz Maracahipes da Silva e Helena Maria dos Santos Silva, e irmãos, cunhada e sobrinhos, Leandro Maracahipes, Eliabe Maracahipes, Ângela, Daniel e Davi. Obrigado por vocês estarem presentes em todos os momentos, dando o apoio necessário.

Ao meu orientador Prof. Dr. Eddie Lenza, pela confiança, amizade e atenção, dando todo suporte para meu crescimento pessoal e profissional e para meu aprendizado. Obrigado!

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, *campus* de Nova Xavantina por ter me ajudado em todas as etapas.

Aos professores doutores que aceitaram examinar e contribuir na melhoria deste trabalho durante as diversas etapas de sua elaboração: Pedro V. Eisenlohr (Coorientador), Beatriz S. Marimon, Henrique A. Mews, José Roberto R. Pinto, Ben Hur Marimon Junior e à todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação por terem contribuído de alguma forma.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

Aos projetos "*Tropical Biomes in Transition - TROBIT*", PELD/CNPq (Projetos Ecológicos de Longa Duração) e PROCAD UnB/UNEMAT, pelo apoio logístico e financeiro durante as etapas de campo. Agradecemos também os proprietários da Fazenda Santa Marta, pela parceria para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos(Às) amigos(as) e colegas de profissão: Bianca de Oliveira, Josias O. Santos, Simone Matias de Almeida Reis, Firmino Cardoso Pereira e Fábio Barbosa Passos pela ajuda em campo.

Aos(Às) amigos(as) de trabalho: Ana Clara, Nadjarriny, Josias, Keila, Henrique, Firmino, Joana e Marco José. Vocês contribuíram muito durante a elaboração da presente dissertação.

À todos do Laboratório de Ecologia Vegetal e da turma de mestrado 2013/1 pela amizade e pelos trabalhos desenvolvidos juntos. Obrigado também às turmas 2012/1 e 2014/1, as quais eu tive a oportunidade de conhecer e trabalhar.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| Formatação..... | vi |
| Capítulo 1. Diversidade, composição florística e estrutura da vegetação lenhosa do Cerrado na zona de transição Cerrado-Amazônia, Mato Grosso Brasil..... | 1 |
| Resumo..... | 1 |
| Abstract..... | 1 |
| Introdução..... | 2 |
| Material e Métodos..... | 4 |
| Resultados..... | 7 |
| Discussão..... | 16 |
| Agradecimentos..... | 19 |
| Referências bibliográficas..... | 19 |
| Capítulo 2. Efeito do solo e do espaço sobre o gradiente fitofisionômico da vegetação lenhosa na transição Cerrado-Amazônia, Mato Grosso, Brasil..... | 27 |
| Resumo..... | 27 |
| Abstract..... | 27 |
| Introdução..... | 28 |
| Material e Métodos..... | 30 |
| Resultados..... | 33 |
| Discussão..... | 37 |
| Agradecimentos..... | 40 |
| Referências bibliográficas..... | 40 |
| Capítulo 3. Mudanças florístico-estruturais da vegetação lenhosa em três fitofisionomias de Cerrado na transição Cerrado-Amazônia, Mato Grosso, Brasil..... | 48 |
| Resumo..... | 48 |
| Abstract..... | 48 |
| Introdução..... | 49 |
| Material e Métodos..... | 50 |
| Resultados..... | 55 |
| Discussão..... | 68 |
| Agradecimentos..... | 71 |
| Referências bibliográficas..... | 71 |
| Apêndice I..... | 77 |

FORMATAÇÃO

Esta dissertação está estruturada em três capítulos redigidos na forma de artigos científicos. As normas para publicação dos periódicos selecionados para submissão estão disponíveis no (Apêndice I). O objetivo do primeiro capítulo foi caracterizar e comparar a diversidade de espécies, a composição florística e a estrutura da vegetação lenhosa de três áreas com distintas fitofisionomias do Cerrado, sendo uma florestal (Cerradão), uma vegetação savânica (Cerrado Típico) e uma com estrutura intermediária entre floresta e savana (Cerrado Denso), na transição Cerrado-Amazônia, município de Ribeirão Cascalheira, Mato Grosso. O segundo capítulo teve como objetivo avaliar a influência das propriedades físicas e granulométricas dos solos e da distância geográfica na ocorrência e abundância de espécies lenhosas em um gradiente vegetacional das três fitofisionomias. O terceiro objetivou avaliar e comparar as mudanças temporais na composição florística, na diversidade de espécies e na estrutura da vegetação lenhosa das mesmas três fitofisionomias em um intervalo de cinco anos (2008 a 2013).

CAPÍTULO 1. DIVERSIDADE, COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO LENHOSA DO CERRADO NA ZONA DE TRANSIÇÃO CERRADO-AMAZÔNIA, MATO GROSSO, BRASIL^{1*}

Resumo: (Diversidade, composição florística e estrutura da vegetação lenhosa do Cerrado na zona de transição Cerrado-Amazônia, Mato Grosso, Brasil). Comparamos a diversidade, composição florística e estrutura da vegetação lenhosa de três fitofisionomias de Cerrado (Cerradão - CO; Cerrado Denso - CD; Cerrado Típico - CT) na transição Cerrado-Amazônia, Mato Grosso. A riqueza de espécies (observada e estimada) no CO e CD foram superiores à do CT. A diversidade de espécies, baseada nos perfis de Rényi, foi maior no CD em comparação com as outras fitofisionomias. Registramos um maior número de espécies exclusivas no CO e uma maior similaridade (índices de Morisita e Sørensen) entre esta formação e o CD. Os indivíduos apresentaram maiores alturas médias no CO e no CD e menores no CT, mas não houve diferença significativa nas médias de diâmetro do tronco entre as fitofisionomias. Nós esperávamos um gradiente de diminuição da riqueza e diversidade de espécies (hipótese 1) e estrutura vertical da vegetação (hipótese 3) para CO-CD-CT, contudo, nenhuma hipótese foi corroborada pelos nossos resultados. O CO e CD foram mais similares em composição de espécies, não confirmando a hipótese 2, que prediz que as duas fitofisionomias savânicas (CD e CT) seriam mais similares entre si do que com a formação florestal (CO). Assim, a similaridade entre as três comunidades estudadas depende do parâmetro analisado. Enquanto que a riqueza de espécies e a estrutura vertical da vegetação do CO e CD são semelhantes, CO e CT são mais similares em relação à diversidade de espécies. Com relação à composição florística, o CD ocupa uma posição intermediária entre CO e CT.

Palavras-chave: Conservação, espécies indicadoras, altura média, similaridade florística.

Abstract: (Diversity, floristic composition and structure of the woody vegetation of the Cerrado in the Cerrado-Amazon transition zone in Mato Grosso, Brazil). We compared the diversity, species composition and structure of the vegetation of three distinct

¹ * *Submetemos para revista científica Brazilian Journal of Botany.*

phytophysiognomies of Cerrado (Cerradão, Dense Cerrado, and Typical Cerrado) in the Cerrado-Amazon transition, Mato Grosso. Species richness (observed and estimated) in the Cerradão and Dense Cerrado were higher than that recorded in the Typical Cerrado. Species diversity, based on a Rényi profile, was highest in the Dense Cerrado, in comparison with the other phytophysiognomies. We recorded a higher number of exclusive species in the Cerradão, and a greater similarity (Morisita and Sørensen indices) between this vegetation type and the Dense Cerrado. The individuals were tallest in the Cerradão and Dense Cerrado and lowest in the Typical Cerrado, there was no difference for mean diameter among of the phytophysiognomies. We expected a gradient in decreasing species richness and diversity (hypothesis 1) and vegetation vertical structure (hypothesis 3) for the Cerradão-Dense Cerrado-Typical Cerrado; however, neither hypothesis was supported by the results. The Cerradão and Dense Cerrado were most similar in species composition not confirming hypothesis 2, which predicted that the two savanna vegetation types (Dense Cerrado and Typical Cerrado) would be more similar to one another than either is to the woodland (Cerradão). Overall, the similarities among the three study communities depended on the type of parameter analyzed. While the species richness and the vertical structure of the vegetation of the Cerradão and Dense Cerrado are closely similar, the Cerradão and Typical Cerrado are more similar in their species diversity. With regard to the floristic composition, the Dense Cerrado occupies an intermediate position between Cerradão and Typical Cerrado.

Key words: Conservation, floristic similarity, indicator species, mean height.

Introdução

O Cerrado é a savana com a flora mais rica e diversificada entre todas as savanas mundiais (Mendonça et al. 2008), devido à elevada heterogeneidade de habitats, às propriedades físico-químicas dos solos (Ribeiro e Walter 2008; Reatto et al. 2008), a

ocorrência de incêndios florestais (Hoffmann e Franco 2003; Hoffmann et al. 2012) e ao relevo (Oliveira-Filho et al. 1989; Marimon et al. 1998). Além dessa complexidade de fatores ambientais, zonas do contato entre o Cerrado e quatro outros biomas brasileiros (Amazônia, Mata Atlântica, Pantanal e Caatinga) (Ribeiro e Walter 2008) podem contribuir para a notável diversidade vegetal.

Na zona de contato e tensão ecológica entre o Cerrado e a Amazônia, o intercâmbio florístico contribui para maior riqueza e influencia a composição de espécies (Castro e Martins, 1999; Méio et al. 2003). A zona mais extensa de contato está localizada na região Sudeste e Sul Amazônia (Marimon et al. 2006; Miranda et al. 2006; Ribeiro e Walter 2008). Nessa região a vegetação de ambos os biomas se misturam, formando uma matriz complexa (Askew et al. 1970; Marimon et al. 2006) com uma singular distribuição de espécies de árvores ao longo da vegetação hiperdinâmica na paisagem da transição Cerrado-Amazônia (Marimon et al. 2014). Como esta região também coincide com o "arco do desmatamento", na fronteira agrícola brasileira, é de grande importância para a conservação da biodiversidade do país (Nogueira et al. 2008; Domingues e Bermann 2012).

Estudos científicos da zona de transição Cerrado-Amazônia no leste mato-grossense começaram com as obras clássicas e descritivas da expedição Xavantina-Cachimbo (Askew et al. 1970; Eiten 1972; Ratter et al. 1973). A vegetação local é composta predominantemente por florestas semidecíduais, conhecidas como floresta de transição (Marimon et al. 2006; Balch et al. 2008; Hoffmann et al. 2012), cuja composição é influenciada principalmente pela floresta amazônica e apenas em menor grau pelo Cerrado (Méio et al. 2003). Ocorrem ainda diferentes formações vegetais (*sensu* Ribeiro e Walter 2008) com flora típica do Cerrado (Askew et al. 1970; Marimon-Junior e Haridasan 2005; Maracahipes et al. 2011). Estudos mais recentes sugerem que as formações de savana da zona de transição são caracterizadas pela maior diversidade em relação às áreas no planalto central brasileiro (Felfili et al. 2002; Kunz et al. 2009; Gomes et al. 2011; Lenza et al. 2011; Maracahipes et al. 2011).

O Cerradão é a única fitofisionomia floresta encontrada no Cerrado sentido amplo (*sensu* Ribeiro e Walter 2008) e é caracterizado tanto por espécies arbóreo-arbustivas generalistas, quanto por espécies típicas de formações savânicas e florestais do Cerrado (Oliveira-Filho e Ratter 1995; Marimon-Junior e Haridasan 2005; Ribeiro e Walter 2008; Solórzano et al. 2012). As formações de savana do Cerrado incluem Cerrado Denso e Cerrado Típico, que pode ser diferenciado em termos da densidade da

vegetação e cobertura do dossel e altura, mas tendem a ser muito semelhantes em termos de composição de espécies (Ribeiro e Walter 2008). A cobertura arbórea no Cerrado Denso é entre 50% e 70%, com uma altura do dossel de 5-8 m (Ribeiro e Walter 2008). O Cerrado Típico é o subtipo de vegetação mais difundido no Cerrado *sensu stricto* (Ribeiro e Walter 2008) e é caracterizada por uma cobertura arbórea entre 20% e 50%, com um dossel de 3-6 m de altura (Ribeiro e Walter 2008).

Estudos locais comparando fitofisionomias e subtipos de vegetação do Cerrado forneceram resultados importantes sobre a formação de habitats distintos e a conservação e gestão da biodiversidade do bioma (Oliveira-Filho et al. 1989; Marimon et al. 1998; Marimon-Junior e Haridasan 2005; Gomes et al. 2011). Em sua comparação de Cerradão e Cerrado Típico, Marimon-Junior e Haridasan (2005) encontraram diferenças marcantes na composição de espécies e estrutura da vegetação. Em Cerrado Típico e Rupestre, Gomes et al. (2011) encontraram diferenças marcantes nas espécies mais importantes em termos de estrutura da comunidade. Estudando Cerradão, Cerrado Denso e Cerrado Típico em São Paulo (Brasil), Pinheiro e Durigan (2012) registraram diferenças estruturais em classes de área basal, cobertura do dossel, diâmetro e na altura das maiores árvores. Esses achados enfatizam a importância de compreender a composição de espécies e a estrutura da vegetação para a interpretação das características das diferentes fitofisionomias.

No presente estudo, nosso principal objetivo foi caracterizar e comparar a diversidade, a composição de espécies e a estrutura da vegetação lenhosa de três sítios de Cerrado, que representam o Cerradão (formação florestal), o Cerrado Denso e o Cerrado Típico, na zona de transição Cerrado-Amazônia no Mato Grosso (Brasil). Nós testamos três hipóteses relacionadas com a distribuição das espécies arbóreas na transição Cerrado-Amazônia: (1) devido à coexistência das espécies de Cerrado e floresta no Cerradão, há um gradiente decrescente na riqueza de espécies de árvores e diversidade desta vegetação para Cerrado Denso e Típico; (2) a composição de espécies e estrutura horizontal da vegetação é mais semelhante entre Cerrado Típico e Denso do que entre esses e o Cerradão formação florestal; (3) há um gradiente decrescente em altura, diâmetro, densidade e área basal total das árvores do Cerradão até o Cerrado Típico.

Material e Métodos

Área de estudo. Conduzimos o estudo em três fitofisionomias de Cerrado distintas (*sensu* Ribeiro e Walter 2008): Cerradão (CO - 12°49'26,8" S e 51°46'06,0" O), Cerrado Denso (CD - 12°49'07,6" S e 51°46'12,3" O) e Cerrado Típico (CT - 12°50'02,5" S e 051°45'55,9" O) (Figura 1). Os sítios estão localizados na transição Cerrado-Amazônia, no município de Ribeirão Cascalheira, Mato Grosso. O clima da região é sazonal, com dois períodos bem definidos: um chuvoso, entre setembro/outubro e março/abril, e outro seco, entre abril/maio e setembro/outubro (Silva et al. 2008).

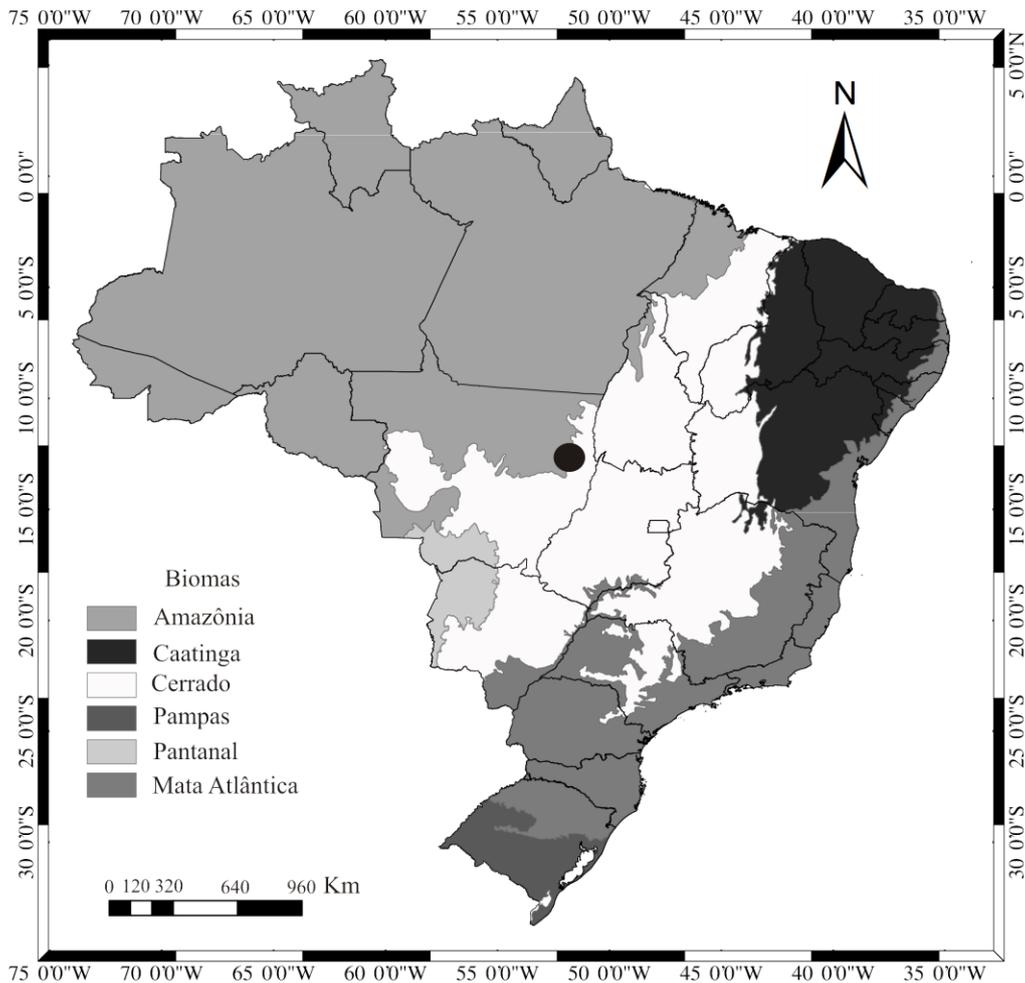


Figura 1. Localização dos três sítios de Cerrado (●) amostrados na transição Cerrado-Amazônia, em Ribeirão Cascalheira, Mato Grosso, Brasil.

Coleta de dados. Em cada sítio amostrado, estabelecemos uma parcela de 100 × 100 m (um hectare), dividida em 25 subparcelas permanentes de 20 × 20 m. Amostramos e etiquetamos todos os indivíduos vivos, incluindo espécies de lianas e de *Arecaceae* (uma família não lenhosa) com Db_{30} (diâmetro da base medido a 30 cm de

altura do solo) ≥ 5 cm. Para *Arecaceae*, adotamos também como limite de inclusão altura mínima do fuste de 50 cm. Medimos o diâmetro de todos os caules de indivíduos com ramificações abaixo da altura de medição (Moro e Martins 2011) para calcularmos o diâmetro quadrático. A coleta de dados foi realizada em três campanhas de campo com cinco dias cada, a primeira em julho de 2013 (Cerrado Denso) e as outras duas em setembro de 2013 (Cerradão e Cerrado Típico).

Identificamos os indivíduos em campo e, quando isso não foi possível, coletamos amostras dos espécimes para comparações com a coleção do Herbário NX da UNEMAT de Nova Xavantina e consultamos bibliografias especializadas. Classificamos as espécies em famílias botânicas pelo sistema *Angiosperm Phylogeny Group* (APG III 2009) e revisamos e atualizamos a nomenclatura dos táxons com base na Lista de Espécies da Flora do Brasil (2014).

Análise de dados. Comparamos a riqueza de espécies das três fitofisionomias mediante rarefação baseada no número de indivíduos (Gotelli e Colwell 2001), adotando o estimador $S_{obs}Mao\ Tau$ com 1000 aleatorizações. A técnica de rarefação é utilizada para comparações diretas entre comunidades com diferentes intensidades amostrais (Gotelli e Colwell 2001; Magurran 2011). A riqueza de espécies das três fitofisionomias foi também calculada com base no estimador *Jackknife* 1, pois esse apresenta alta correlação com a riqueza observada (Walther e Moore 2005).

Empregamos perfis de diversidade com a série exponencial de Rényi (Tóthmérész 1995) para comparar a diversidade das três fitofisionomias de Cerrado. Esse método é considerado como boa alternativa diante da falta de critério na seleção dos índices de diversidade, pois os perfis generalizam os pesos que os índices dão às espécies pouco abundantes (Melo 2008). Calculamos também o índice de diversidade de espécies de Shannon-Wiener (H') na base neperiana (Magurran 2011), e comparamos esse índice entre as três fitofisionomias utilizando teste t de Hutcheson (Zar 2010).

Avaliamos a similaridade florística entre as três fitofisionomias pelo coeficiente quantitativo de Morisita-Horn (C_{mH}), o qual dá peso à abundância das espécies (Magurran 2011), e pelo coeficiente binário de Sørensen (S_s), que é realizado a partir da matriz de presença e ausência (Brower e Zar 1984). Realizamos a análise de classificação da vegetação pelo método TWINSpan (*Two-way indicator species analysis*), com os níveis de corte sugeridos pelo programa (*default*) (0, 2, 5, 10, 20) (Hill et al. 1975), o qual indica a existência de grupo de espécies preferenciais para um

grupo de amostras (Kent e Coker 1992). Consideramos apenas as divisões cujos autovalores foram superiores a (0,3), pois somente estas têm significado ecológico, segundo Hill (1979) e Felfili et al. (2007, 2011).

Realizamos a Análise de Espécies Indicadoras (ISA) agregada ao teste de Monte Carlo para verificar o grau de significância das espécies como indicadoras de cada fitofisionomia amostrada (Dufrene e Legendre 1997). O Valor de Indicação (IV) para cada espécie oriundo da ISA baseia-se na frequência com que ela ocorre dentro do grupo e entre os grupos, considerando tanto a fidelidade quanto a especificidade dos grupos (McCune e Mefford 1999).

Descrevemos a estrutura da vegetação a partir da densidade absoluta e do Índice de Valor de Importância (IVI) (Curtis e McIntosh 1950, 1951; Mueller-Dombois e Ellenberg 1974). Empregamos a Análise de Variância (ANOVA) para comparar as médias de diâmetro, altura, densidade de indivíduos por subparcelas entre os sítios e área basal. Quando os pressupostos de normalidade dos resíduos e de homogeneidade de variâncias não foram atingidos após transformação logarítmica dos dados, usamos a análise de variância não paramétrica de Kruskal-Wallis (Zar 2010). A ANOVA foi seguida de teste *post hoc* de Tukey e comparação par a par de Mann-Whitney (Zar 2010).

Calculamos os parâmetros fitossociológicos no programa FITOPAC 2.1.2 (Shepherd 2009) e as análises de TWINSpan e ISA no PC-ORD versão 6.07 (McCune e Mefford 2011). Para as demais análises, usamos o PAST (*PAleontological STatistics*) versão 2.15 (Hammer et al. 2001). Para todas as análises, testamos a normalidade dos resíduos por meio do teste Shapiro-Wilk e a homogeneidade de variâncias pelo teste de Levene (Zar 2010) e adotamos nível de significância de 5%.

Resultados

Amostramos, nos três sítios, 5.946 indivíduos, distribuídos em 115 espécies, 80 gêneros e 40 famílias. No Cerradão (CO), registramos 2.186 indivíduos, 91 espécies, 67 gêneros e 35 famílias; no Cerrado Denso (CD), 2.070 indivíduos, distribuídos em 91 espécies, 68 gêneros e 37 famílias; e no Cerrado Típico (CT), 1.690 indivíduos, pertencentes a 76 espécies, 56 gêneros e 32 famílias (Tabela 1). As dez espécies com maior importância estrutural (maiores valores de IVI) no CO representaram 54% do total, no CD 51% do total e no CT 49% (Tabela 1). Apenas duas espécies das 10 de

maior importância estrutural foram comuns às três fitofisionomias: *Syagrus comosa* e *Mezilaurus crassiramea*.

Tabela 1. Composição florística e parâmetros fitossociológicos da vegetação lenhosa ($Db_{30} \geq 5$ cm) das três fitofisionomias de Cerrado amostradas na transição Cerrado-Amazônia, Ribeirão Cascalheira-MT. DA = densidade absoluta; IVI = Índice de Valor de Importância; CO = Cerradão; CD = Cerrado Denso; CT = Cerrado Típico; Valores em negrito = 10 espécies com as maiores densidade e os maiores IVIs em cada sítio; *= espécies indicadoras do CO (n = 24; 20,9%); **= espécies indicadoras do CD (n = 16; 13,9%) e ***= espécies indicadoras do CT (n = 20; 17,4%). As espécies estão dispostas em ordem decrescente de IVI no CO.

| Espécies | Famílias | DA | | | IVI | | |
|--|-----------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|
| | | CO | CD | CT | CO | CD | CT |
| 1. <i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC. * | Myrtaceae | 383 | 162 | 9 | 32,61 | 16,22 | 2,41 |
| 2. <i>Pterodon pubescens</i> (Benth.) Benth. * | Fabaceae | 236 | 9 | - | 25,25 | 1,59 | - |
| 3. <i>Xylopia sericea</i> A.St.-Hil. * | Annonaceae | 136 | 100 | 22 | 21,18 | 11,83 | 4,14 |
| 4. <i>Roupala montana</i> Aubl. * | Proteaceae | 170 | 114 | 32 | 16,64 | 13,59 | 6,67 |
| 5. <i>Syagrus comosa</i> (Mart.) Mart. *** | Arecaceae | 177 | 187 | 315 | 16,25 | 18,07 | 42,40 |
| 6. <i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers ** | Icacinaceae | 84 | 206 | 31 | 11,89 | 34,43 | 6,80 |
| 7. <i>Mezilaurus crassiramea</i> (Meisn.) Taub. ex Mez | Lauraceae | 46 | 34 | 45 | 11,21 | 7,06 | 10,90 |
| 8. <i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk. ** | Sapotaceae | 45 | 68 | 17 | 8,93 | 13,36 | 5,02 |
| 9. <i>Qualea grandiflora</i> Mart. * | Vochysiaceae | 57 | 25 | 2 | 8,90 | 3,73 | 0,60 |
| 10. <i>Tachigali vulgaris</i> L.G.Silva & H.C.Lima * | Fabaceae | 63 | 23 | 18 | 8,04 | 3,39 | 5,31 |
| 11. <i>Antonia ovata</i> Pohl * | Loganiaceae | 70 | 3 | 1 | 7,45 | 0,60 | 0,26 |
| 12. <i>Aspidosperma multiflorum</i> A.DC. * | Apocynaceae | 48 | 3 | - | 6,55 | 0,72 | - |
| 13. <i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke * | Fabaceae | 37 | 4 | 4 | 5,55 | 0,92 | 1,30 |
| 14. <i>Euplassa inaequalis</i> (Pohl) Engl. * | Proteaceae | 24 | 13 | - | 5,34 | 3,46 | - |
| 15. <i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth *** | Fabaceae | 16 | 37 | 41 | 5,15 | 7,97 | 10,50 |
| 16. <i>Mouriri elliptica</i> Mart. ** | Melastomataceae | 30 | 157 | 18 | 5,01 | 22,06 | 4,28 |
| 17. <i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana * | Melastomataceae | 44 | 10 | 6 | 4,99 | 1,65 | 1,23 |
| 18. <i>Eriotheca gracilipes</i> (K.Schum.) A.Robyns* | Malvaceae | 24 | 4 | 8 | 4,54 | 0,53 | 4,72 |
| 19. <i>Salvertia convallariodora</i> A.St.-Hil. | Vochysiaceae | 18 | 14 | 15 | 4,36 | 2,45 | 5,52 |
| 20. <i>Qualea parviflora</i> Mart. *** | Vochysiaceae | 16 | 58 | 90 | 3,85 | 6,72 | 14,80 |

| Espécies | Famílias | DA | | | IVI | | |
|---|------------------|----|-----------|------------|------|------|--------------|
| | | CO | CD | CT | CO | CD | CT |
| 21. <i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart. ** | Apocynaceae | 25 | 35 | 4 | 3,71 | 6,21 | 1,01 |
| 22. <i>Davilla elliptica</i> A.St.-Hil. *** | Dilleniaceae | 25 | 32 | 213 | 3,61 | 4,08 | 22,70 |
| 23. <i>Qualea multiflora</i> Mart. * | Vochysiaceae | 26 | 14 | - | 3,58 | 2,91 | - |
| 24. <i>Eugenia dysenterica</i> DC. | Myrtaceae | 23 | 28 | 42 | 3,51 | 4,39 | 9,08 |
| 25. <i>Machaerium acutifolium</i> Vogel * | Fabaceae | 22 | - | 1 | 3,43 | - | 0,26 |
| 26. <i>Heisteria ovata</i> Benth. * | Olacaceae | 19 | 7 | 1 | 3,13 | 1,40 | 0,25 |
| 27. <i>Schoepfia brasiliensis</i> A.DC. * | Schoepfiaceae | 26 | 2 | - | 3,04 | 0,54 | - |
| 28. <i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne ** | Fabaceae | 12 | 43 | 8 | 2,95 | 6,19 | 1,84 |
| 29. <i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart. | Annonaceae | 18 | 50 | 35 | 2,93 | 5,70 | 6,14 |
| 30. <i>Diospyros hispida</i> A.DC. | Ebenaceae | 15 | 28 | 12 | 2,87 | 3,62 | 2,17 |
| 31. <i>Curatella americana</i> L. *** | Dilleniaceae | 9 | 14 | 48 | 2,59 | 3,68 | 8,47 |
| 32. <i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler | Combretaceae | 11 | 11 | 10 | 2,33 | 2,51 | 2,18 |
| 33. <i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos ** | Bignoniaceae | 9 | 26 | 10 | 2,30 | 5,22 | 2,44 |
| 34. <i>Peltogyne confertiflora</i> (Mart. ex Hayne) Benth. ** | Fabaceae | 10 | 14 | - | 2,28 | 2,63 | - |
| 35. <i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Baill. ** | Ochnaceae | 12 | 32 | 4 | 2,15 | 4,09 | 0,91 |
| 36. <i>Guapira graciliflora</i> (Mart. ex Schmidt) Lundell * | Nyctaginaceae | 9 | - | - | 2,12 | - | - |
| 37. <i>Hirtella glandulosa</i> Spreng. | Chrysobalanaceae | 9 | 6 | 3 | 2,09 | 1,39 | 0,70 |
| 38. <i>Licania humilis</i> Cham. & Schltdl. ** | Chrysobalanaceae | 10 | 24 | 6 | 2,01 | 4,51 | 1,73 |
| 39. <i>Rourea induta</i> Planch. ** | Connaraceae | 11 | 34 | 18 | 1,93 | 4,66 | 3,23 |
| 40. <i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth *** | Malpighiaceae | 9 | 37 | 56 | 1,86 | 4,97 | 8,49 |
| 41. <i>Vochysia rufa</i> Mart. | Vochysiaceae | 9 | 8 | 10 | 1,72 | 1,26 | 2,34 |
| 42. <i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart. * | Apocynaceae | 8 | 2 | 1 | 1,62 | 0,51 | 0,39 |
| 43. <i>Dalbergia miscolobium</i> Benth. | Fabaceae | 5 | 2 | - | 1,28 | 0,57 | - |
| 44. <i>Miconia stenostachya</i> DC. * | Melastomataceae | 7 | - | 1 | 1,27 | - | 0,28 |

| Espécies | Famílias | DA | | | IVI | | |
|---|---------------|----|----|-----------|------|------|--------------|
| | | CO | CD | CT | CO | CD | CT |
| 45. <i>Vochysia haenkeana</i> Mart. * | Vochysiaceae | 6 | - | - | 1,14 | - | - |
| 46. <i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul * | Moraceae | 5 | - | - | 1,05 | - | - |
| 47. <i>Byrsonima pachyphylla</i> A.Juss. *** | Malpighiaceae | 5 | 42 | 36 | 1,02 | 5,3 | 5,93 |
| 48. <i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore | Bignoniaceae | 4 | 10 | 9 | 1,02 | 2,75 | 1,98 |
| 49. <i>Byrsonima basiloba</i> A.Juss. | Malpighiaceae | 4 | 8 | 4 | 1,02 | 1,53 | 1,02 |
| 50. <i>Connarus suberosus</i> Planch. *** | Connaraceae | 5 | 3 | 57 | 1,01 | 0,59 | 8,24 |
| 51. <i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell * | Nyctaginaceae | 4 | - | - | 0,96 | - | - |
| 52. <i>Leptolobium dasycarpum</i> Vogel | Fabaceae | 4 | 1 | - | 0,90 | 0,20 | - |
| 53. <i>Chaetocarpus echinocarpus</i> (Baill.) Ducke | Peraceae | 4 | 4 | - | 0,89 | 0,55 | - |
| 54. <i>Aspidosperma nobile</i> Müll.Arg. | Apocynaceae | 4 | 2 | - | 0,88 | 0,28 | - |
| 55. <i>Annona coriacea</i> Mart. * | Annonaceae | 5 | - | - | 0,88 | - | - |
| 56. <i>Luetzelburgia praecox</i> (Harms) Harms * | Fabaceae | 4 | - | - | 0,84 | - | - |
| 57. <i>Virola sebifera</i> Aubl. ** | Myristicaceae | 4 | 16 | - | 0,83 | 2,10 | - |
| 58. <i>Hancornia speciosa</i> Gomes | Apocynaceae | 4 | 3 | - | 0,82 | 0,61 | - |
| 59. <i>Myrcia</i> sp. | Myrtaceae | 4 | 11 | 11 | 0,81 | 1,85 | 2,43 |
| 60. <i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil. | Simaroubaceae | 3 | 1 | - | 0,72 | 0,33 | - |
| 61. <i>Himatanthus sukuubus</i> (Spruce ex Müll.Arg.) Woodson | Apocynaceae | 3 | 1 | - | 0,72 | 0,20 | - |
| 62. <i>Cybianthus detergens</i> Mart. | Primulaceae | 3 | 3 | 1 | 0,65 | 0,59 | 0,36 |
| 63. <i>Maprounea guianensis</i> Aubl. | Euphorbiaceae | 3 | 3 | 1 | 0,65 | 0,60 | 0,29 |
| 64. <i>Salacia crassifolia</i> (Mart. ex Schult.) G.Don *** | Celastraceae | 3 | 10 | 34 | 0,63 | 1,75 | 6,59 |
| 65. <i>Myrcia bella</i> Cambess. | Myrtaceae | 3 | 1 | 4 | 0,62 | 0,21 | 0,89 |
| 66. <i>Myrcia rimosa</i> Cambess. *** | Myrtaceae | 3 | 42 | 85 | 0,60 | 4,75 | 10,30 |
| 67. <i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A.Juss. | Malpighiaceae | 3 | - | 3 | 0,60 | - | 0,74 |
| 68. <i>Syagrus flexuosa</i> (Mart.) Becc. ** | Arecaceae | 3 | 11 | 1 | 0,48 | 1,95 | 0,23 |

| Espécies | Famílias | DA | | | IVI | | |
|--|------------------|----|-----------|-----------|------|-------------|-------------|
| | | CO | CD | CT | CO | CD | CT |
| 69. <i>Dimorphandra mollis</i> Benth. | Fabaceae | 3 | 1 | 8 | 0,48 | 0,23 | 2,12 |
| 70. <i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth. | Chrysobalanaceae | 2 | - | - | 0,44 | - | - |
| 71. <i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil. ** | Lythraceae | 2 | 40 | 2 | 0,43 | 5,35 | 0,37 |
| 72. <i>Eugenia gemmiflora</i> O.Berg *** | Myrtaceae | 2 | 5 | 39 | 0,41 | 1,01 | 7,87 |
| 73. <i>Aspidosperma subincanum</i> Mart. | Apocynaceae | 2 | - | - | 0,36 | - | - |
| 74. <i>Ferdinandusa elliptica</i> (Pohl) Pohl | Rubiaceae | 2 | 1 | - | 0,34 | 0,21 | - |
| 75. <i>Miconia</i> sp. 2 | Melastomataceae | 1 | - | - | 0,30 | - | - |
| 76. <i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC. *** | Malpighiaceae | 1 | 16 | 64 | 0,28 | 3,23 | 10,6 |
| 77. <i>Miconia</i> sp. 1 | Melastomataceae | 1 | 1 | - | 0,27 | 0,20 | - |
| 78. <i>Cybistax antisyphilitica</i> (Mart.) Mart. | Bignoniaceae | 1 | - | - | 0,26 | - | - |
| 79. <i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F.Macbr. | Fabaceae | 1 | 1 | - | 0,24 | 0,21 | - |
| 80. <i>Diplopterys pubipetala</i> (A.Juss.) W.R.Anderson & C.C.Davis | Malpighiaceae | 1 | - | - | 0,22 | - | - |
| 81. <i>Annona crassiflora</i> Mart. ** | Annonaceae | 1 | 26 | 22 | 0,21 | 3,87 | 4,36 |
| 82. <i>Eugenia aurata</i> O.Berg *** | Myrtaceae | 1 | 8 | 18 | 0,21 | 1,22 | 3,59 |
| 83. <i>Alchornea discolor</i> Poepp. | Euphorbiaceae | 1 | 1 | - | 0,21 | 0,21 | - |
| 84. <i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K.Schum. | Rubiaceae | 1 | 1 | 3 | 0,21 | 0,20 | 0,69 |
| 85. <i>Copaifera</i> cf. <i>martii</i> Hayne | Fabaceae | 1 | - | - | 0,21 | - | - |
| 86. <i>Fridericia cinnamomea</i> (DC.) L.G.Lohmann | Bignoniaceae | 1 | - | - | 0,21 | - | - |
| 87. <i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand | Burseraceae | 1 | 1 | - | 0,21 | 0,20 | - |
| 88. <i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC. ** | Myrtaceae | 1 | 76 | 19 | 0,20 | 8,05 | 3,50 |
| 89. <i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. & Zucc.) A.Robyns | Malvaceae | 1 | 3 | - | 0,20 | 0,53 | - |
| 90. <i>Byrsonima intermedia</i> A.Juss. | Malpighiaceae | 1 | 2 | 2 | 0,20 | 0,42 | 0,55 |
| 91. <i>Erythroxylum</i> sp. | Erythroxylaceae | 1 | - | - | 0,20 | - | - |
| 92. <i>Strychnos pseudoquina</i> A.St.-Hil. | Loganiaceae | - | 5 | 7 | - | 1,19 | 3,39 |

| Espécies | Famílias | DA | | | IVI | | |
|---|-----------------|--------------|--------------|--------------|------------|------------|------------|
| | | CO | CD | CT | CO | CD | CT |
| 93. <i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC. *** | Myrtaceae | - | 7 | 12 | - | 1,15 | 2,75 |
| 94. <i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart. ** | Erythroxylaceae | - | 4 | - | - | 0,81 | - |
| 95. <i>Stryphnodendron coriaceum</i> Benth. | Fabaceae | - | 3 | 2 | - | 0,61 | 0,47 |
| 96. <i>Andira cujabensis</i> Benth. *** | Fabaceae | - | 2 | 6 | - | 0,53 | 1,73 |
| 97. <i>Stryphnodendron rotundifolium</i> Mart. *** | Fabaceae | - | 2 | 16 | - | 0,40 | 2,73 |
| 98. <i>Plathymenia reticulata</i> Benth. | Fabaceae | - | 2 | 4 | - | 0,39 | 0,97 |
| 99. <i>Mouriri pusa</i> Gardner | Melastomataceae | - | 1 | - | - | 0,29 | - |
| 100. <i>Tapirira guianensis</i> Aubl. | Anacardiaceae | - | 1 | - | - | 0,28 | - |
| 101. <i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook.f. | Opiliaceae | - | 1 | - | - | 0,26 | - |
| 102. <i>Caryocar brasiliense</i> Cambess. | Caryocaraceae | - | 1 | 5 | - | 0,25 | 0,83 |
| 103. <i>Cordia elliptica</i> (Cham.) Kuntze *** | Rubiaceae | - | 1 | 9 | - | 0,21 | 2,07 |
| 104. <i>Erythroxylum engleri</i> O.E.Schulz | Erythroxylaceae | - | 1 | 5 | - | 0,20 | 1,01 |
| 105. <i>Himatanthus obovatus</i> (Müll.Arg.) Woodson | Apocynaceae | - | 1 | 3 | - | 0,20 | 0,68 |
| 106. <i>Eremanthus</i> cf. <i>goyazensis</i> (Gardner) Sch.Bip. | Asteraceae | - | 1 | 2 | - | 0,20 | 0,50 |
| 107. <i>Zeyheria montana</i> Mart. | Bignoniaceae | - | 1 | 2 | - | 0,20 | 0,45 |
| 108. <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. | Fabaceae | - | 1 | - | - | 0,20 | - |
| 109. <i>Andira vermifuga</i> (Mart.) Benth. *** | Fabaceae | - | - | 15 | - | - | 3,88 |
| 110. <i>Myrcia variabilis</i> DC. *** | Myrtaceae | - | - | 11 | - | - | 1,99 |
| 111. <i>Chomelia ribesioides</i> Benth. ex A.Gray *** | Rubiaceae | - | - | 4 | - | - | 0,98 |
| 112. <i>Tachigali aurea</i> Tul. | Fabaceae | - | - | 2 | - | - | 0,47 |
| 113. <i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc. | Calophyllaceae | - | - | 2 | - | - | 0,46 |
| 114. <i>Protium unifoliolatum</i> Engl. | Burseraceae | - | - | 2 | - | - | 0,34 |
| 115. <i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A.Rich. | Rubiaceae | - | - | 1 | - | - | 0,23 |
| Total | | 2.186 | 2.070 | 1.690 | 300 | 300 | 300 |

A riqueza rarefeita foi menor no CT (76 espécies) em relação ao CO (86,7±8,9 espécies IC) e ao CD (86,8±8,7 espécies). Ao passo que a riqueza de espécies não diferiu entre os sítios CD e CO (Figura 2).

As riquezas observadas representaram 84% da estimada no CO, 81% no CD e 89% no CT. A riqueza observada no CO (91 espécies) foi menor que a riqueza estimada (108±11), bem como no CD (obs. = 91 espécies; est. = 112±13 espécies). No entanto, foram iguais no CT (obs. = 76 espécies; est. = 85±13 espécies).

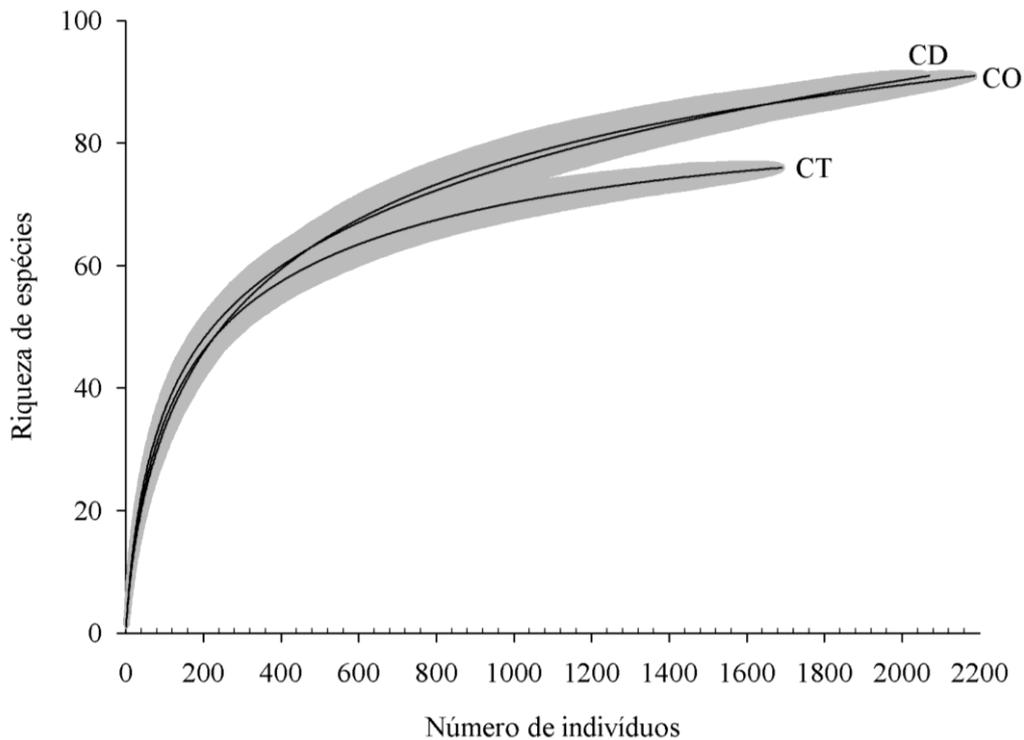


Figura 2. Curva de rarefação (S_{obs} Mao Tau) para as três fitofisionomias de Cerrado amostradas na transição Cerrado-Amazônia, Ribeirão Cascalheira-MT. CO = Cerradão; CD = Cerrado Denso e CT = Cerrado Típico. Em cinza, intervalo de confiança (95%).

O CD apresentou maior índice de diversidade de espécies de Shannon (H') e de equabilidade (índice recíproco de Simpson) quando comparado com CO e CT e esses dois últimos foram semelhantes (Figura 3). Os perfis também confirmaram os resultados obtidos pela análise rarefação, com riqueza igual entre CO e CD e ambas maiores que CT (Alfa = 0). O H' também foi maior no CD ($H' = 3,57$), seguida pelo CT ($H' = 3,37$) e CO ($H' = 3,35$). Houve diferença entre os valores de diversidade de espécies apenas quando comparamos o CD com CO ($t_{Hutcheson} = 5,78$; $gl = 4198,40$ e $p <$

0,01) e com CT ($t_{\text{Hutcheson}} = -4,81$; $gl = 3394,20$ e $p < 0,01$), mas o CO e CT foram semelhantes ($t_{\text{Hutcheson}} = -0,65$; $gl = 3706,80$ e $p > 0,05$).

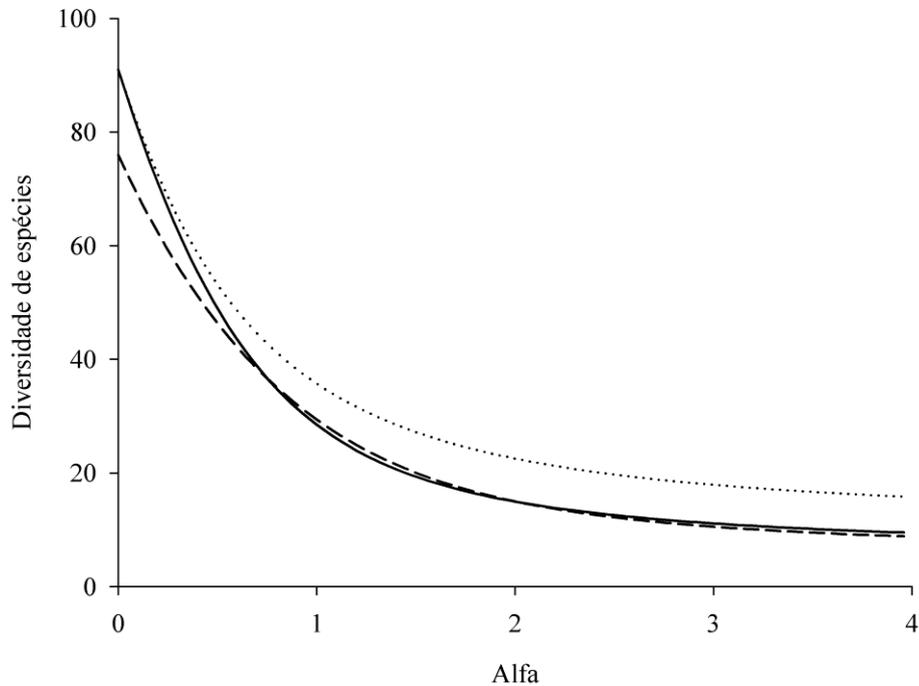


Figura 3. Perfis de diversidade das três fitofisionomias de Cerrado amostradas na transição Cerrado-Amazônia, Ribeirão Cascalheira-MT. CO = Cerradão (—); CD = Cerrado Denso (.....) e CT = Cerrado Típico (----).

Do total de 115 espécies amostradas, 54 (47%) foram comuns as três fitofisionomias e 26 (23%) foram exclusivas a apenas uma fitofisionomia. O maior número de espécies exclusivas foi encontrado no CO, seguido pelo CT e CD, respectivamente (Figura 4; Tabela 1). Os maiores valores de similaridade florística ocorreram entre CO e CD e os menores entre CO e CT, tanto para o índice de Morisita quanto para o índice de Sørensen (Figura 4). A análise ISA reconheceu 24 espécies indicadoras no CO, 16 no CD e 20 no CT. Mesmo com o elevado número de espécies indicadoras em cada sítio (p de Monte Carlo $< 0,001$), o alto número de espécies comuns (54) foi responsável pela alta similaridade florística entre as fitofisionomias estudadas (Tabela 1; Figura 4).

A classificação pelo TWINSpan separou, na primeira divisão (autovalor = 0,33), as 25 subparcelas do CO das 25 subparcelas do CT e agrupou as 21 subparcelas

do CD com todas as do CT. Além disso, a análise agrupou quatro subparcelas do CD com todas as do CO (Figura 5).

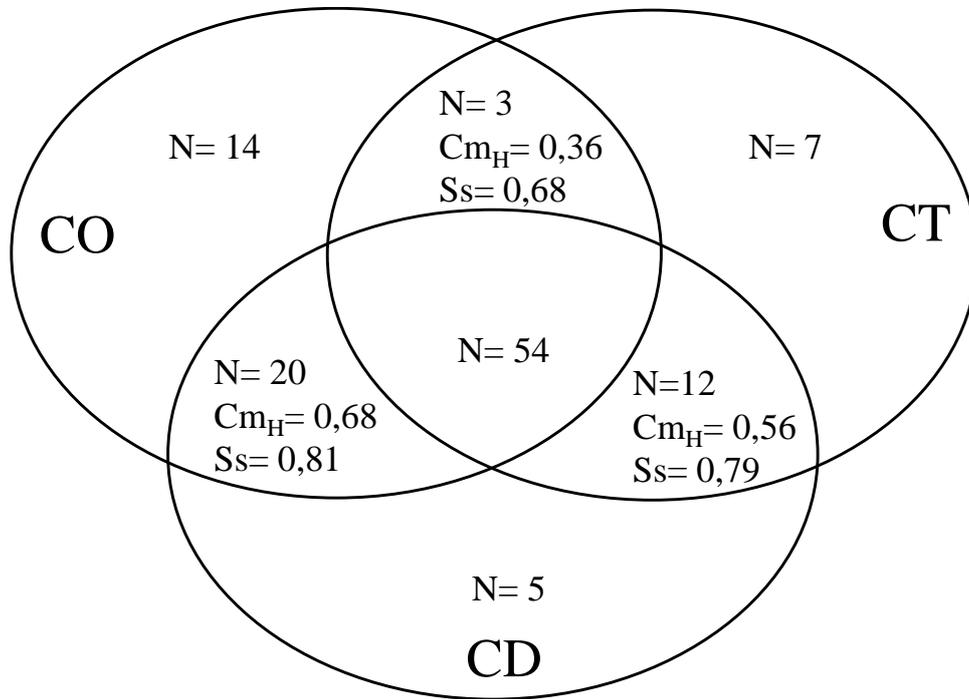


Figura 4. Diagrama de Venn para as três fitofisionomias de Cerrado amostradas na transição Cerrado-Amazônia, Ribeirão Cascalheira-MT. CO = Cerradão; CD = Cerrado Denso; CT = Cerrado Típico; N = número de espécies; Cm_H = índice de similaridade de Morisita e Ss = índice de similaridade de Sørensen.

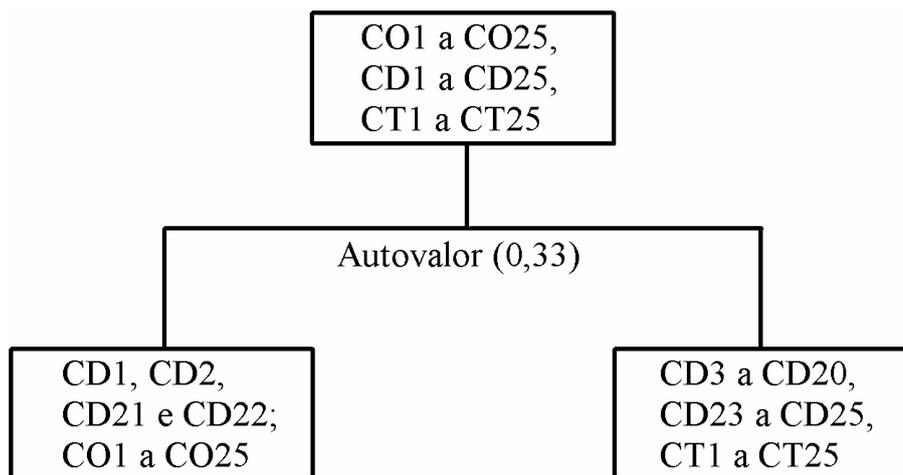


Figura 5. Classificação por TWINSpan de 75 subparcelas (20 × 20 m) amostradas em três fitofisionomias de Cerrado na transição Cerrado-Amazônia, Ribeirão Cascalheira-MT. CO = Cerradão; CD = Cerrado Denso e CT = Cerrado Típico.

A altura média da vegetação foi maior no CO ($5,48 \pm 2,38$ m DP), intermediária para o CD ($4,46 \pm 2,34$ m) e menor para o CT ($3,02 \pm 1,98$ m) ($H = 1.043,00$ e $p < 0,01$). Os diâmetros médios não diferiram entre CO ($9,52 \pm 4,69$ cm), CD ($9,62 \pm 5,00$ cm) e CT ($9,45 \pm 4,49$ cm) ($H = 1,42$ e $p = 0,49$). Por outro lado, as densidades médias por subparcelas diferiram entre as três fitofisionomias ($F_{(2, 72)} = 28,09$; $p < 0,001$), uma vez que o CT apresentou menores densidades ($67,60 \pm 9,40$) que o CO ($87,44 \pm 8,85$) e o CD ($82,80 \pm 11,00$). Essas menores densidades no CT explicam o fato de a área basal total nessa fitofisionomia ($14,5 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$) ter sido inferior àquelas registradas no CO ($19,3 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$) e no CD ($19,1 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$). Assim, o CT ($0,58 \pm 0,18 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$) apresentou menor média de área basal em relação ao CO ($0,77 \pm 0,08 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$) e CD ($0,76 \pm 0,18 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$) ($H = 15,69$ e $p < 0,01$).

Discussão

A elevada riqueza específica registrada no presente estudo na transição Cerrado-Amazônia (91 espécies no CO e CD; 76 no CT) foi também observada em outras fitofisionomias de Cerrado no leste mato-grossense (p.ex. Marimon et al. 1998; Nogueira et al. 2001; Felfili et al. 2002; Marimon-Junior e Haridasan 2005; Silvério et al. 2010; Franczak et al. 2011; Gomes et al. 2011; Mews et al. 2011; Solórzano et al. 2012; Kunz et al. 2009). Lenza et al. (2011) encontraram evidências de diferenças na composição florística entre os cerrados da transição e da região central do bioma. Segundo Felfili et al. (2002), as particularidades florísticas dos cerrados da transição estão relacionadas à influência amazônica. Dessa forma, em conjunto esses resultados ressaltam a importância dos cerrados da transição Cerrado-Amazônia para a conservação da riqueza e composição de espécies lenhosas do Cerrado como um todo.

A menor riqueza específica no CT em relação ao CO e ao CD parece ser tendência no Cerrado, pois Pinheiro e Durigan (2012) encontraram resultados semelhantes em cerrados no estado de São Paulo. Além disso, estudos em Cerradões na região (p.ex., Kunz et al. 2009; Franczak et al. 2011; Solórzano et al. 2012) registraram números de espécies comparavelmente superiores àqueles obtidos para áreas de Cerrado Típico da mesma região (Felfili et al. 2002; Marimon-Junior e Haridasan 2005; Gomes et al. 2011). Assim, sugerimos para a transição Cerrado-Amazônia a existência de gradiente crescente de riqueza da flora lenhosa associado ao de densidade de indivíduos e área basal, das fitofisionomias mais abertas para aquelas mais fechadas.

A maior diversidade registrada no CD em relação ao CO e CT pode ser consequência da alta riqueza de espécies e da distribuição mais equânime dos indivíduos entre as espécies nesta fitofisionomia e, também da riqueza de espécies inferior no CT. Essas características provavelmente não permitiriam o domínio numérico de espécies tipicamente florestais (abundantes no Cerradão) nem aquelas de savanas mais abertas (abundantes no Cerrado Típico) no CD. Estudos anteriores comparando fitofisionomias de Cerrado, tais como Pinheiro e Durigan (2012), Marimon-Junior e Haridasan (2005) e Costa e Araújo (2001) aplicaram apenas um único índice de diversidade, ao invés de uma variedade de índices que dão peso a espécies comuns e raras. Com base nesta condição, recomendamos a aplicação de perfis de diversidade para a melhor compreensão das diferenças estruturais em estudo comparativo, como também sugerido por Melo (2008).

Esses resultados mostram uma diminuição na riqueza de planta de Cerradão e Cerrado Denso para Cerrado Típico, mas não para a diversidade. O fato de que a diversidade de espécies de árvore no Cerrado Denso foi maior do que os outros, demonstra que o Cerrado Denso é uma situação intermédia de composição de espécies e, possivelmente, uma fase temporal entre Cerradão e Cerrado Típico. Este estado pode revelar evidência de mudanças entre florestas e savanas (avanços da floresta em Cerrado) ao longo do último milênio como anteriormente registrado por Ab'Saber (1977, 2002) e recentemente investigados pelo projeto TROBIT (Saez, Lloyd, Marimon-Junior et al., dados não publicados) na mesma área deste estudo.

A alta similaridade florística (principalmente qualitativa) entre as três fitofisionomias e a elevada proporção de espécies comuns (aproximadamente 50%) pode ser consequência da proximidade geográfica entre elas (entre 0,5 e 3 km). Diferentes autores sugerem que comunidades de Cerrado geograficamente próximas podem apresentar semelhanças no conjunto de espécies lenhosas que as compõem, independentemente do substrato (p.ex., Silva et al. 2006; Gomes et al. 2011; Mews et al. 2014). Isso ocorre provavelmente devido às semelhanças físico-químicas do substrato entre os sítios (Capítulo 2) e ao intercâmbio florístico entre comunidades, particularmente daquelas espécies mais generalistas de habitats.

Por outro lado, um menor número de espécies especialistas em habitat, poderia promover divergência florística entre comunidades próximas. Esse fato parece explicar a menor similaridade observada entre CO (formação florestal) e CT (savânica) e o maior número de espécies exclusivas do CO em relação às outras duas fitofisionomias.

Ademais, o CD possui elevada similaridade florística (qualitativa e quantitativa), tanto com o CO quanto com o CT, além de ter apresentado subparcelas agrupadas tanto com CO quanto com CT pelo TWINSpan, reforçando o caráter transicional e intermediário do CD e a existência de um gradiente florístico. Isso explica, ainda, a menor similaridade entre o CO e o CT, observada no presente estudo e em outros que compararam Cerradão e Cerrado Típico (p.ex., Marimon-Junior e Haridasan 2005; Pinheiro e Durigan 2012).

Apesar das três fitofisionomias terem apresentado padrão oligárquico de distribuição dos indivíduos entre as espécies, notamos que entre as 10 espécies com maior Valor de Importância em cada comunidade, apenas duas (*Syagrus comosa* e *Mezilaurus crassiramea*) foram dominantes na estrutura horizontal das três comunidades. A oligarquia estrutural é fenômeno comum entre comunidades vegetais do Cerrado *sensu lato* (Ratter et al. 2003; Bridgewater et al. 2004; Felfili et al. 2008) e sugere que apenas um grupo restrito de espécies possui adaptações evolutivas e competitivas que permitem a elas exercer domínio nas comunidades (Solórzano et al. 2012). No presente estudo, no entanto, a fraca coincidência entre fitofisionomia florestal e densa (Cerradão e Cerrado Denso) e predominantemente savânica (Cerrado Típico) quanto às espécies estruturalmente dominantes e o elevado número de espécies indicadoras em cada comunidade expressam certa divergência estrutural entre elas. As diferenças na densidade e altura das plantas parecem confirmar as diferenças no domínio estrutural de diferentes espécies em cada comunidade. Por exemplo, *Myrcia splendens*, *Xylopia sericea*, *Roupala montana*, *Emmotum nitens* e *Pouteria ramiflora* são espécies mais bem adaptadas a ambientes florestais (CO e CD), enquanto *Davilla elliptica*, *Qualea parviflora*, *Byrsonima verbascifolia*, *Bowdichia virgilioides*, *Byrsonima coccolobifolia*, *Eugenia dysenterica* e *Curatella americana* são mais adaptadas a ambientes savânicos (CT).

Surpreendentemente, os diâmetros médios não diferiram entre as três fitofisionomias. Por outro lado, as maiores alturas dos indivíduos observadas no CO e no CD em relação ao CT indicam que as plantas das duas fitofisionomias mais fechadas (CO e CD) investem mais recursos em crescimento vertical do que em aumento nas dimensões dos troncos. Além disso, apesar das semelhanças nos diâmetros dos troncos entre as três fitofisionomias, a maior área basal no CO e no CD é garantida pelas maiores densidades nessas duas comunidades quando comparadas ao CT.

A hipótese I - de que existe um gradiente fitofisionômico do Cerrado (CO → CD → CT) (decrecente) de riqueza e diversidade de espécies - não foi corroborada pelos resultados deste estudo, uma vez que esses parâmetros foram muito semelhantes entre Cerradão e Cerrado Denso, e muito maior do que os valores registados para o Cerrado Típico. Além disso, a maior diversidade foi registrada no CD, ao invés do CO. No entanto, nossa hipótese II também não foi corroborada, uma vez que o índice de similaridade (Morisita-Horn e Sørensen) e as espécies comuns entre Cerrado Denso e Cerrado Típico foi menor do que entre o Cerradão e Cerrado Denso. Mais do que isso, estes resultados indicam que Cerrado Denso ocupa uma posição intermediária entre Cerradão e Cerrado Típico em termos de composição florística. Isto é confirmado pela análise de TWINSpan que agrupa parcelas do Cerrado Denso tanto com parcelas Cerradão e do Cerrado Típico. Por fim, o gradiente estrutural preconizado pela hipótese III também não foi confirmado, considerando que i) os diâmetros dos troncos não diferiram entre as três fitofisionomias, ii) as densidades de indivíduos e a área basal total foram similares entre CO e CD e dissimilares entre CT e iii) apenas as alturas dos indivíduos decresceram do CO para o CD e desse para o CT.

Concluimos que as semelhanças entre as três fitofisionomias investigadas dependem das propriedades analisadas, uma vez que o CO e o CD se assemelham em termos de riqueza, diversidade de espécies e estrutura vertical e horizontal da vegetação, enquanto o CO e o CT foram semelhantes em termos de diversidade de espécies. Finalmente, observamos um gradiente não previsto na composição de espécies, no qual Cerradão e Cerrado Típico ocupam os extremos e o Cerrado Denso uma posição transitória. Em termos de conservação, é de suma importância à manutenção das três fitofisionomias, seja para garantir a diversidade beta, seja para preservar espécies que preferem habitats florestais, como o Cerradão, ou savânicos, como o Cerrado Denso e o Cerrado Típico, ao longo da zona de transição Cerrado-Amazônia.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, por ter me ajudado em todas as etapas; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo para o primeiro autor; aos projetos "*Tropical Biomes in Transition* - TROBIT", PELD/CNPq (Projetos Ecológicos de Longa Duração) e PROCAD UnB/UNEMAT, pelo apoio logístico e financeiro durante as etapas de

campo; agradeço também à Bianca de Oliveira, à Simone Matias de Almeida Reis, ao Firmino Cardoso Pereira e ao Fábio Barbosa Passos, pela ajuda em campo. Também agradecemos os proprietários da Fazenda Santa Marta, pela parceria para o desenvolvimento desta pesquisa. Agradecemos aos especialistas que contribuíram com a identificação de algumas espécies do Instituto Florestal de São Paulo Dr. Osny Tadeu de Aguiar e Dra. Natalia Macedo Ivanauskas e, também da Universidade de Brasília Dra. Carolyn Elinore Barnes Proença.

Referências bibliográficas

- Ab'Saber AN (1977) Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários. *Paleoclimas* 3:1-19
- Ab'Saber AN (2002) Bases para o estudo dos ecossistemas da Amazônia brasileira. *Estud Av* 16:7-30
- APG III (2009) An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Bot J Linn Soc* 161:105-121
- Askew GP, Moffatt DJ, Montgomery RF, Searl PL (1970) Interrelationships of soils and vegetation in the savanna–forest boundary zone of north eastern Mato Grosso. *Geogr J* 136:370-376
- Balch JK, Nepstad DC, Brando PM, Curran LM, Portela O, Carvalho-Júnior O, Lefebvre P (2008) Negative fire feedback in a transitional forest of southeastern Amazonia. *Glob Change Biol* 14:2276-2287
- Bridgewater S, Ratter JA, Ribeiro JF (2004) Biogeographic patterns, β -diversity and dominance in the Cerrado biome of Brazil. *Biodivers Conserv* 13:2295-2318
- Brower JE, Zar JH (1984) *Field and laboratory methods for general ecology*. Dubuque. WM. C. Brown Publishers
- Castro AAJF, Martins FR (1999) Cerrados do Brasil e do Nordeste: caracterização, área de ocupação e considerações sobre a sua fitodiversidade. *Pesq Foco* 7:147-178

- Costa AA, Araújo GM (2001) Comparação da vegetação arbórea de cerrado e de cerrado na reserva do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. *Acta Bot Bras* 15:63-72
- Curtis JT, McIntosh RP (1950) The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. *Ecology* 31:434-455
- Domingues MS, Bermann C (2012) O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja. *Ambiente Soc* 15:1-22
- Dufrêne M, Legendre A (1997) Ecological Society of America species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecol Monogr* 67:345-366
- Eiten, G., 1972. The cerrado vegetation of Brazil. *Bot Rev* 38:201-341
- Felfili JM, Nogueira PE, Silva-Júnior MC, Marimon BS, Delitti WBC (2002) Composição florística e fitossociológica do cerrado sentido restrito no município de Água Boa-MT. *Acta Bot Bras* 16:103-112
- Felfili JM, Carvalho FA, Libano AM, Venturoli F, Pereira BAS, Machado ELM (2007) Análise multivariada em estudos de vegetação. Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal, Brasília, pp 60
- Felfili JM, Carvalho FA, Libano AM, Venturoli F, Pereira BAS, Machado ELM (2011) Análise multivariada: princípios e métodos em estudos de vegetação. In: Felfili JM, Eisenlohr PV, Melo MMRF, Andrade LA, Meira Neto JAA (eds.) *Fitossociologia no Brasil: métodos e estudo de casos*. Universidade Federal de Viçosa, pp 130-131
- Felfili JM, Felifili MC, Nogueira PE, Silva JF, Fariñas MR, Nunes M, Silva-Júnior MC, Rezende AV, Fagg CW (2008) Padrões fitogeográficos e sua relação com

sistemas de terra no bioma Cerrado. In: Sano SM, Almeida SP, Ribeiro JF (eds.) Cerrado: Ecologia e Flora. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, pp 215-228

Franczak DD, Marimon BS, Marimon-Junior BH, Mews HA, Maracahipes L, Oliveira E A (2011) Changes in the structure of a savanna forest over a six-year period in the Amazon-Cerrado transition, Mato Grosso state, Brazil. *Rodriguésia* 62:425-436

Gomes L, Lenza E, Maracahipes L, Marimon BS, Oliveira EA (2011) Comparações florísticas e estruturais entre duas comunidades lenhosas de cerrado típico e cerrado rupestre, Mato Grosso, Brasil. *Acta Bot Bras* 25:865-875

Gotelli NJ, Colwell RK (2001) Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecol Lett* 4:379-391

Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD (2001) Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontol Electron* 4:9

Hill M, Bunce RGH, Shaw MW (1975) Indicator species analysis, a divisive poythetic method of classification and its application to a survey of native pinewoods in Scotland. *J Ecol* 63:597-613

Hill MO (1979) TWINSpan: a fortran program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Cornell University, Ithaca, New York

Hoffmann WA, Franco AC (2003) Comparative growth analysis of tropical forest and savanna woody plants using phylogenetically independent contrasts. *J Ecol* 91:475-484

Hoffmann WA, Geiger EL, Gotsch SG, Rossatto DR, Silva LCR, Lau OL, Haridasan M, Franco AC (2012) Ecological thresholds at the savanna-forest boundary:

how plant traits, resources and fire govern the distribution of tropical biomes.

Ecol Lett 15:759-768

Kunz SH, Ivanauskas NM, Martins SV (2009) Estrutura fitossociológica de uma área de cerrado em Canarana, Estado do Mato Grosso, Brasil. *Acta Sci Biol Sci* 32:255-261

Lenza E, Pinto JRR, Pinto AS, Maracahipes L, Bruziguessi EP (2011) Comparação da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de cerrado rupestre na Chapada dos Veadeiros, Goiás, e áreas de cerrado sentido restrito do Bioma Cerrado. *Rev bras Bot* 34:247-259

Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Accessed 10 January 2014

Magurran AE (2011) Medindo a diversidade biológica. UFPR ed., Universidade Federal do Paraná, Curitiba, pp 261

Maracahipes L, Lenza E, Marimon BS, Oliveira EA, Pinto JRR, Marimon-Junior BH (2011) Estrutura e composição florística da vegetação lenhosa em cerrado rupestre na transição Cerrado Floresta Amazônica, Mato Grosso, Brasil. *Biota Neotrop* 11:133-141

Marimon BS, Marimon-Junior BH, Feldpausch T, Oliveira-Santos C, Mews HA, Lopez-Gonzales G, Lloyd J, Franczak DD, Oliveira EA, Maracahipes L, Miguel A, Lenza E, Phillips O (2014) Disequilibrium and hyperdynamic tree turnover at the forest-cerrado transition zone in southern Amazonia. *Plant Ecol Divers* 7:281-292

Marimon BS, Lima ES, Duarte TG, Chierogatto LC, Ratter JA (2006) Observations on the Vegetation of Northeastern Mato Grosso, Brazil. IV.* An Analysis of the Cerrado-Amazonian Forest Ecotone. *Edinb J Bot* 63:323-341

- Marimon BS, Varella RF, Marimon-Junior BH (1998) Fitossociologia de uma área de cerrado de encosta em Nova Xavantina, Mato Grosso. *Bol Herb Ezechias Paulo Heringer* 3:82-101
- Marimon-Junior BH, 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 Bot Bras* 19:913-926
- McCune B, Mefford MJ (1999) *Multivariate Analysis of Ecological Data*. Gleneden Beach, MjM Software
- McCune B, Mefford MJ (2011) *PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 6.07*, Gleneden Beach, MjM Software
- Melo AS (2008) O que ganhamos “confundindo” riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade? *Biota Neotrop* 8:21–27
- Méio BB, Freitas CV, Jatobá L, Silva MEF, Ribeiro JF, Henriques RPB (2003) Influência da flora das florestas Amazônica e Atlântica na vegetação do cerrado sensu stricto. *Rev bras Bot* 26:437-444
- Mendonça RC, Felfili JM, Walter BT, Silva-Júnior MC, Rezende AV, Filgueiras TS, Nogueira PE, Fagg CW (2008) Flora Vascular do bioma Cerrado: checklist com 12.356 espécies. In: Sano SM, Almeida SP, Ribeiro JF (eds.). *Cerrado: ecologia e flora*. Embrapa Cerrados, Planaltina, pp 421-1279
- Mews H, Pinto JRR, Eisenlohr PV, Lenza E (2014) Does size matter? Conservation implications of differing woody population sizes with equivalent occurrence and diversity of species for threatened savanna habitats. *Biodivers Conserv* 23:1119-1131

- Miranda IS, Almeida SS, Dantas PJ (2006) Florística e estrutura de comunidades arbóreas em cerrados de Rondônia, Brasil. *Acta Amaz* 36:419-430
- Moro MF, Martins FR (2011) Métodos de levantamento do componente arbóreo-arbustivo. In: Felfili JM, Eisenlohr PV, Melo MMRF, Andrade LA, Meira Neto JAA (orgs.). *Fitossociologia no Brasil: Métodos e estudos de casos*. Universidade Federal de Viçosa, pp 174-212
- Mueller-Dombois D, Ellenberg H (1974) *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley & Sons, New York, pp 547
- Nogueira EM, Nelson BW, Fearnside PM, França MB, Oliveira CA (2008) Tree height in Brazil's 'arc of deforestation': Shorter trees in south and southwest Amazonia imply lower biomass. *Forest Ecol Manag* 255:2963-2972
- Nogueira PE, Felfili JM, Silva-Júnior MC (2001) Composição Florística e fitossociologia do cerrado sentido restrito no município de Canarana - MT. *Bol Herb Ezechias Paulo Heringer* 8:28-43
- Oliveira-Filho AT, Ratter JA (1995) A study of the origin of central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. *Edinb J Bot* 52:141-194
- Oliveira-Filho AT, Shepherd GJ, Martins FR, Stubblebine WH (1989) Environmental factors affecting physiognomic and floristic variation in an area of cerrado in Central Brazil. *J Trop Ecol* 5:413-431
- Pinheiro ES, Durigan G (2012) Diferenças florísticas e estruturais entre fitofisionomias do Cerrado em Assis, SP, Brasil. *Rev Arvore* 36:181-193
- R Core Team (2013) *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>

- Ratter JA, Bridgewater S, Ribeiro JF (2003) Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation. III: Comparison of the woody vegetation of 376 areas. *Edinb J Bot* 60:57-109
- Ratter JA, Richards PW, Argent G, Gifford DR (1973) Observations on the vegetation of the northeastern Mato Grosso. I. The woody vegetation types of the Xavantina-Cachimbo Expedition area. *Philos T Roy Soc B* 266:449-492
- Reatto A, Correia JR, Spera ST (2008) Solos do Bioma do Cerrado: aspectos pedológicos. In: Sano SM, Almeida SP, Ribeiro JF (eds.). *Cerrado: Ecologia e Flora*. Embrapa-CPAC, Planaltina, pp 107-149
- Ribeiro JF, Walter BMT. 2008. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano SM, Almeida SP, Ribeiro JF (eds.). *Cerrado: Ecologia e Flora*. Embrapa-CPAC, Planaltina, pp 151-212
- Shepherd GJ (2009) FITOPAC 2.1 (versão preliminar). Departamento de Biologia Vegetal, Universidade Estadual de Campinas
- Silva FAM, Assad ED, Evangelista BA (2008) Caracterização Climática do Bioma Cerrado. In: Sano SM, Almeida SP, Ribeiro JF (eds.). *Cerrado: Ecologia e Flora*. Embrapa-CPAC, Planaltina, pp 67-88
- Silva JF, Fariñas MR, Felfili JM, Klink CA (2006) Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. *J Biogeogr* 33:536-548
- Solórzano A, Pinto JRR, Felfili JM, Hay JDV (2012) Perfil florístico e estrutural do componente lenhoso em seis áreas de cerradão ao longo do bioma Cerrado. *Acta Bot Bras* 26:328-341
- Tóthmérész B (1995) Comparison of different methods for diversity ordering. *J Veg Sci* 6:283-290

Walther BA, Moore J (2005) The concepts of bias, precision and accuracy, and their use in testing the performance of species richness estimators, with a literature review of estimator performance. *Ecography* 28:815-829

Zar JH (2010) *Biostatistical Analysis*. 5th ed., New Jersey, Pearson, Upper Saddle River

CAPÍTULO 2. EFEITO DO SOLO E DO ESPAÇO SOBRE A VEGETAÇÃO LENHOSA DE TRÊS FITOFISIONOMIAS DE CERRADO NA TRANSIÇÃO CERRADO-AMAZÔNIA, MATO GROSSO, BRASIL^{2*}

Resumo: (Efeito do solo e do espaço sobre a vegetação lenhosa de três fitofisionomias de Cerrado na transição Cerrado-Amazônia, Mato Grosso, Brasil). Nosso objetivo foi avaliar a influência das propriedades edáficas e da distância geográfica sobre a composição florístico-estrutural de espécies lenhosas de três fitofisionomias do Cerrado (Cerradão - CO, Cerrado Denso - CD e Cerrado Típico - CT) na transição Cerrado-Amazônia. Testamos a hipótese de que as características edáficas e o espaço determinam a composição e a estrutura da vegetação lenhosa das três fitofisionomias. Mostramos que a dissimilaridade florístico-estrutural entre os três sítios foi determinada mais pelo espaço (13% da explicação) do que pelas propriedades edáficas (1%) e principalmente pela porção compartilhada entre ambos (26%). Concluímos que em situações nas quais as propriedades físicas e granulométricas dos solos são homogêneas, a distância geográfica tem mais efeito do que o substrato sobre a ocorrência e abundância de espécies lenhosas de formações savânicas e florestais na região de transição Cerrado-Amazônia.

Palavras-chave: Propriedades edáficas, Composição florístico-estrutural, Cerradão, Cerrado Denso, Cerrado Típico.

Abstract: (Effect of the soil and space on the woody vegetation of three phytophysiognomic of Cerrado in the Cerrado-Amazonia transition zone, Mato Grosso State, Brazil). Our aim was to evaluate the influence of the edaphic properties and geographical distance on the floristic-structural composition of the woody species of three phytophysiognomies of Cerrado (*Cerradão* - CO, *Dense Cerrado* - CD and *Typical Cerrado* - CT) in the Cerrado-Amazonia transition zone. We tested the hypotheses of which the edaphic parameters and space determine the composition and structure of the woody vegetation in the three phytophysiognomies. We show a structural-floristic dissimilarity among the three sites that were determined more by space (13% of explication) than by edaphic proprieties (1%) and mainly by shared portion between both (26%). We conclude that in situations where the physical

^{2*} *Submeteremos para revista científica Flora.*

properties and soil particle size are homogeneous, geographical distance has more effect than substrate on the variation in the woody species occurrence and abundance of savanna formations and forestry in the Cerrado-Amazonia transition zone.

Key words: Edaphic properties, Structural-floristic composition, Conservation, Ecotone.

Introdução

A grande diversidade da flora do Cerrado, com mais de 12.300 espécies nativas catalogadas até 2008 (Mendonça et al., 2008), é atribuída à ampla heterogeneidade ambiental desse bioma (Felfili et al., 2008) e à especificidade de habitat de muitas espécies de plantas (Ratter et al., 2003; Cavalcante et al., 2014). Em escala regional, o relevo (Silva et al., 2006; Motta et al., 2002), a altitude (Motta et al., 2002), o clima (Silva et al., 2006) e as flutuações climáticas históricas (Oliveira-Filho e Ratter, 1995, 2002) influenciam a ocorrência e abundância das espécies. Em escala local, as propriedades edáficas (Ribeiro e Walter, 2008; Reatto et al., 2008), queimadas (Hoffmann e Franco, 2003; Hoffmann et al., 2012) e relevo (Oliveira-Filho et al., 1989; Marimon et al., 1998) são fatores indicados como importantes preditores da distribuição da vegetação do Cerrado. Por essa razão, há décadas estudos vêm sendo realizados na investigação dos fatores que determinam variações na riqueza e na composição de espécies, bem como na distribuição da vegetação (Eiten, 1972; Goodland e Pollard, 1973; Furley e Ratter, 1988; Oliveira-Filho e Ratter, 1995; Furley, 1999), também para entender os fatores locais e regionais envolvidos (veja Torello-Raventos et al., 2013; Veenendaal et al., 2015).

O Cerrado é composto por mosaicos de formações florestais, savânicas e campestres (Ribeiro e Walter, 2008) determinados por diferentes fatores que atuam em distintas escalas espaciais e temporais tornando complexas as explicações para a ocorrência das distintas fisionomias da vegetação e da flora associada. Na paisagem do Cerrado, formações savânicas como o Cerrado Denso, o Típico e o Ralo são dominantes, as quais estão estabelecidas sobre solos distróficos, bem drenados e geralmente profundos (Ribeiro e Walter, 2008; Reatto et al., 2008). Essas formações compõem, em associação com o Cerrado Rupestre, o Cerrado sentido restrito (Ribeiro e Walter, 2008). As formações florestais, por outro lado, ocupam menor área e estão associadas a solos mesotróficos e/ou eutróficos (Mata Seca) e a cursos d'água (Mata de Galeria e Mata Ciliar) (Ribeiro e Walter, 2008). Fazendo o contato entre as formações

savânicas e florestais do Cerrado ocorrem os Cerradões, com estrutura tipicamente florestal, mas com flora composta por espécies típicas das matas e, principalmente, das savanas (Ratter et al., 1973; Oliveira-Filho e Ratter, 2002; Ribeiro e Walter, 2008; Solórzano et al., 2012). Os Cerradões ocorrem sobre solos bem drenados, os quais podem ser tanto distróficos quanto mesotróficos (Ratter et al., 1973; Ribeiro e Walter, 2008) e representam a transição entre as formações tipicamente savânicas e florestais, tanto em termos florísticos quanto estruturais (Marimon et al., 2006; Solórzano et al., 2012; Torello-Raventos et al., 2013).

Historicamente, diferentes autores vêm sugerindo que os níveis de disponibilidade de nutrientes no solo (Ratter, 1971; Ratter et al., 1973; Araújo e Haridasan, 1988), a textura (Marimon-Junior e Haridasan, 2005) e a disponibilidade de água no solo para as plantas (Oliveira-Filho et al., 1989; Carvalho et al., 2014) são fatores determinantes das divergências florísticas e estruturais observadas em escala local (Torello-Raventos et al., 2013; Veenendaal et al., 2015). Além disso, estudos apontam o solo como um dos principais fatores abióticos responsáveis pela determinação da composição florística, diversidade de espécies e distinção fitofisionômica, desempenhando importante papel na estruturação da vegetação lenhosa do Cerrado (Haridasan, 2007; Reatto et al., 2008; Mews et al., 2014). No entanto, outros estudos sugerem baixa relação local das propriedades edáficas com a composição florística e a estrutura da vegetação lenhosa do bioma Cerrado (Moreno et al., 2008; Abreu et al., 2012; Carvalho et al., 2014). Haridasan (2007) propõe ainda que a diversidade de fitofisionomias no Cerrado se deve às variações tanto espaciais quanto temporal do solo. Assim, apesar de diferentes estudos investigarem os efeitos edáficos sobre a flora e a estrutura da vegetação no Cerrado, essa questão ainda não está completamente esclarecida.

Nas últimas décadas, trabalhos têm considerado a importância da inclusão do efeito do espaço geográfico em análises ecológicas (Legendre e Fortin, 1989; Legendre et al., 2002; Peres-Neto e Legendre, 2010). Análises dessa natureza foram empregadas por Mews (2014) na investigação da composição florístico-estrutural em Cerrado sentido restrito sobre dois substratos no Brasil Central, por Santos et al. (2012) na Caatinga arbórea, entre outros poucos estudos. Essa nova abordagem pode melhorar o entendimento dos fatores e mecanismos que moldam a distribuição da flora e a estrutura da vegetação do Cerrado. Além disso, estudos da influência de fatores ambientais e espaciais em escalas menores, poderão alimentar modelos maiores que buscam explicar

a distribuição da vegetação na faixa de transição Cerrado-Amazônia do leste mato-grossense.

Nesse sentido, nós avaliamos a influência das propriedades físicas e granulométrica dos solos e da distância geográfica (espaço) na ocorrência e abundância de espécies lenhosas de três fitofisionomias (Cerradão, Cerrado Denso e Cerrado Típico) na transição Cerrado-Amazônia, no município de Ribeirão Cascalheira, Mato Grosso. Testamos a hipótese de que as características edáficas e o espaço determinam de maneira sinérgica a composição de espécies e a estrutura da vegetação lenhosa das três fitofisionomias.

Material e Métodos

Área de estudo. Estudamos as comunidades lenhosas em três sítios de Cerrado com fitofisionomias distintas: Cerradão (CO - 12°49'26,8" S e 51°46'06,0" O), Cerrado Denso (CD - 12°49'07,6" S e 51°46'12,3" O) e Cerrado Típico (CT - 12°50'02,5" S e 51°45'55,9" O) (*sensu* Ribeiro e Walter, 2008), na transição Cerrado-Amazônia, em Ribeirão Cascalheira, Mato Grosso, Brasil (Figura 1). A região apresenta clima sazonal, com período chuvoso e seco bem definido, precipitação média anual entre 1.400 mm e 1.600 mm e temperatura média entre 24 e 25°C (Silva et al., 2008). Os solos desta região são distróficos e originados de rochas areníticas e argilitos ou mesotróficos originados de rochas de textura mais finas (Ratter et al., 1973).

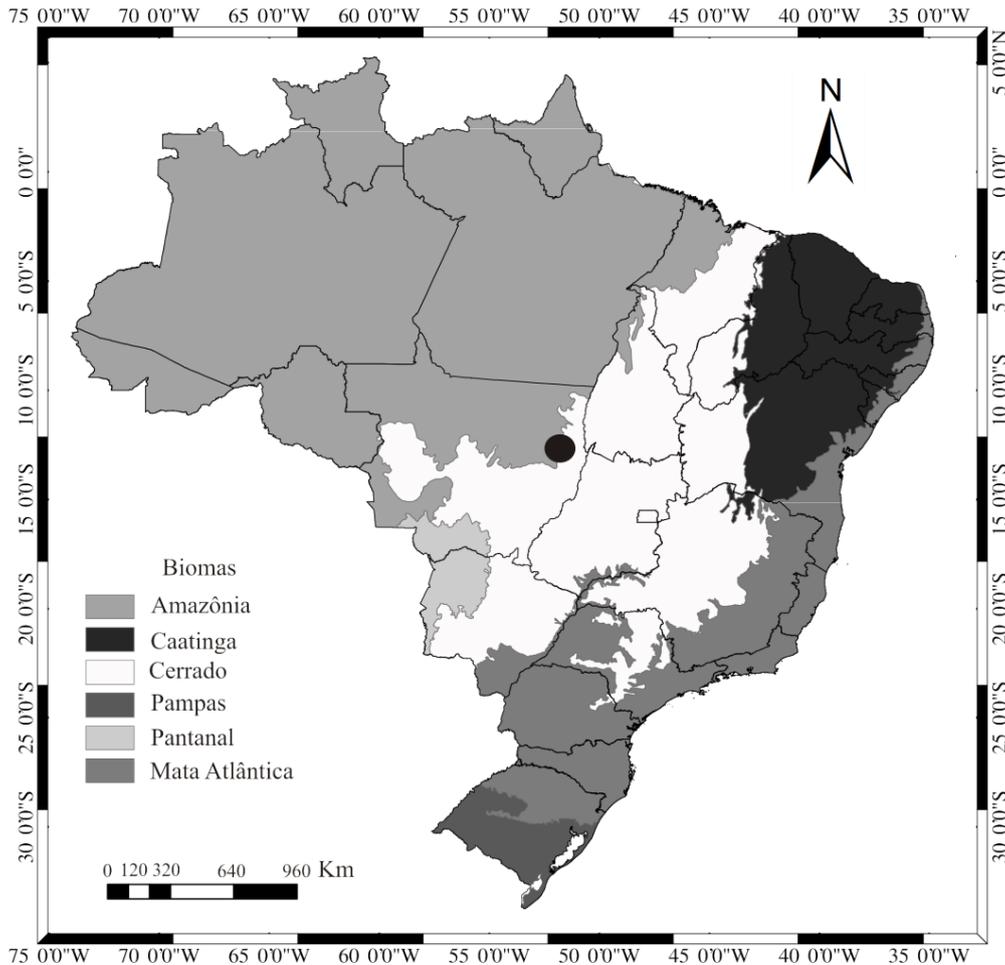


Figura 1. Localização dos três sítios de Cerrado (●) amostrados na transição Cerrado-Amazônia, Ribeirão Cascalheira, Mato Grosso.

Coleta de dados. Marcamos em cada fisionomia, uma parcela de 100×100 m (um hectare), dividida em 25 subparcelas permanentes de 20×20 m. Registramos, identificamos e marcamos com etiquetas de alumínio numeradas todas as plantas lenhosas, incluindo palmeiras e lianas, com Db_{30} (diâmetro da base medido a 30 cm de altura do solo) ≥ 5 cm. Para as palmeiras, adotamos também a altura mínima de 50 cm do fuste como limite de inclusão. Elaboramos uma matriz de densidade das espécies para cada sítio. Obtivemos as coordenadas geográficas no centro de cada subparcela para compor a matriz espacial. Coletamos amostras de solo em todas as subparcelas na profundidade de 0 a 20 cm, uma vez que a flora de Cerrado apresenta maior correlação com propriedades edáficas obtidas dessa profundidade do solo (Ruggiero et al., 2002). Coletamos uma amostra no centro e duas próximas de dois vértices de cada subparcela para compor uma amostra composta por subparcela, usada na elaboração da matriz edáfica, que foi composta por 20 variáveis.

Identificamos os indivíduos em campo, sempre que possível. Quando necessário, coletamos amostras dos espécimes para identificação mediante comparação com o acervo do Herbário NX da UNEMAT de Nova Xavantina, além de consultas a bibliografias especializadas e a especialistas (ver agradecimentos). Adotamos o sistema de classificação botânica *Angiosperm Phylogeny Group* (APG III, 2009) para as famílias e atualizamos a nomenclatura dos táxons com base na Lista de Espécies da Flora do Brasil (2014).

Análise de dados. Classificamos os solos das três fitofisionomias quanto ao agrupamento textural (areia, argila e silte), a saturação de bases, o caráter álico e a acidez (pH) adotando o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006). Comparamos as variáveis edáficas entre sítios por meio do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (H), pois os pressupostos de normalidade dos resíduos e homogeneidade de variâncias não foram atendidos (Zar, 2010). Aplicamos o teste *post hoc* de Mann-Whitney para comparações par a par, com correção de Bonferroni (Zar, 2010). Nessas análises, usamos o programa PAST (*PAleontological STatistics*) versão 2.15 (Hammer et al., 2001).

Para avaliar a relação entre solo e a variação florístico-estrutural entre os ambientes, empregamos Análise de Redundância (RDA) (Legendre et al., 2012). Nesta análise utilizamos a matriz de composição de espécies submetida à transformação de *Hellinger* (Legendre e Gallagher, 2001) e também usamos a matriz edáfica junto com os filtros espaciais selecionados na Análise de Partição de Variância, para controlar possíveis vieses gerados por autocorrelação espacial. Submetemos essa matriz edáfica com os filtros espaciais à correlação para eliminar variáveis com $\leq 0,7$ de correlação. Para testar a significância dos grupos formados utilizamos Análise de Variância (ANOVA) com permutações (Legendre et al., 2011; Legendre e Legendre, 2012). Realizamos a análise no programa R 3.0.2 (R Core Team, 2013), com o pacote *vegan* (Oksanen et al., 2013).

Utilizamos a Análise de Partição de Variância (Dray et al., 2012; Legendre et al., 2012) para conhecer o efeito das propriedades físico-químicas do solo e do espaço isoladamente, bem como o efeito da porção compartilhada entre esses conjuntos de preditores. Para tanto, removemos as espécies que ocorriam somente em um sítio, seguindo a rotina proposta em Eisenlohr (2014). Com base nessa rotina, aplicamos à nova matriz de espécies a transformação de *Hellinger*, indicada para análises lineares (Legendre e Gallagher, 2001). Padronizamos também os dados ambientais da matriz

edáfica e geramos filtros espaciais *Moran's Eigenvector Maps (MEMs)* (Borcard et al., 2011; Legendre e Legendre, 2012), utilizando a matriz espacial e em seguida, testamos a significância dos *MEMs* pelo teste de Moran I (Peres-Neto e Legendre, 2010; Borcard et al., 2011; Legendre et al., 2012). Realizamos uma primeira Análise de Redundância (RDA) para selecionar progressivamente (Blanchet et al., 2008) os filtros espaciais (RDA1) e uma segunda para selecionar, também progressivamente, as variáveis edáficas (RDA2) (Peres-Neto e Legendre, 2010). Por fim, testamos a significância das frações puras (edáfica e espacial) por meio de Análise de Variância (ANOVA) com permutações (Legendre et al., 2011; Legendre e Legendre, 2012). Para validar nossa RDA, testamos a linearidade dos resíduos (Peres-Neto e Legendre, 2010). Empregamos o programa R 3.0.2 (R Core Team, 2013) nessa análise, usamos os pacotes *vegan* (Oksanen et al., 2013), *ade4* (Dray e Dufour, 2007), *packfor* (Dray et al., 2013), *spacemakeR* (Dray, 2013), *spdep* (Bivand et al., 2013), *venneuler* (Wilkinson, 2011) e *tripack* (Renka et al., 2013).

Resultados

Os solos das três fitofisionomias foram classificados, de acordo com Embrapa (2006), como hiperdistróficos (< 35% do percentual de saturação de bases), álicos ($\geq 50\%$ saturação por alumínio), ácidos ($\text{pH} < 6,6$) e com textura arenosa (média de 870 g kg^{-1} no CO e de 880 g kg^{-1} no CD e CT). Boro, enxofre, cálcio e magnésio foram semelhantes entre as três fitofisionomias, enquanto outras variáveis como cobre, ferro, matéria orgânica, alumínio e capacidade de troca catiônica foram diferentes entre as três fitofisionomias. Manganês foi maior no CT em relação ao CO e CD, fósforo foi maior no CD em relação ao CO e CT e outras (zinco e potássio) foram menores no CT em relação ao CO e CD (Tabela 1; Figura 2). Em nenhuma situação houve aumento ou redução gradual nas propriedades dos solos desde o CO (formação predominantemente florestal) até o CT (formação predominantemente savânica) (Figura 2).

Tabela 1. Propriedades físicas e granulométricas dos solos em três fitofisionomias de Cerrado amostradas na transição Cerrado-Amazônia, Ribeirão Cascalheira, Mato Grosso. Mín. = mínimo; Med. = mediana; Máx. = máximo. Variáveis em negrito foram mantidas durante a seleção progressiva da Partição de Variância.

| Propriedades | Cerradão | | | Cerrado Denso | | | Cerrado Típico | | |
|---|----------|---------------------|--------|---------------|----------------------|--------|----------------|---------------------|--------|
| | Mín. | Med. | Máx. | Mín. | Med. | Máx. | Mín. | Med. | Máx. |
| Cu (mg dm ⁻³) ** | 0,20 | 0,20 ^C | 0,80 | 0,20 | 0,90 ^A | 2,80 | 0,20 | 0,70 ^B | 1,50 |
| Mn (mg dm ⁻³) ** | 0,20 | 1,00 ^B | 2,50 | 0,20 | 1,10 ^B | 4,80 | 0,60 | 4,30 ^A | 15,60 |
| Fe (mg dm ⁻³) ** | 20,70 | 160,00 ^A | 189,00 | 68,00 | 99,00 ^C | 156,00 | 104,00 | 115,00 ^B | 145,00 |
| Na (mg dm ⁻³) * | 11,00 | 13,00 ^{AB} | 15,00 | 11,00 | 12,00 ^B | 15,00 | 12,00 | 13,00 ^A | 22,00 |
| MO (gdm ⁻³) ** | 12,00 | 15,00 ^B | 19,00 | 13,00 | 17,00 ^A | 27,00 | 8,00 | 10,00 ^C | 15,00 |
| Sat. Bases (V%) ** | 8,38 | 11,41 ^B | 16,17 | 5,93 | 9,84 ^C | 16,72 | 11,82 | 14,36 ^A | 21,78 |
| Zn (mg dm ⁻³) ** | 0,20 | 1,00 ^A | 3,10 | 0,20 | 1,40 ^A | 5,10 | 0,20 | 0,20 ^B | 2,90 |
| B (mg dm ⁻³) n.s. | 0,14 | 0,23 ^A | 0,28 | 0,14 | 0,23 ^A | 0,33 | 0,14 | 0,23 ^A | 0,33 |
| S (mg dm ⁻³) n.s. | 1,20 | 2,00 ^A | 5,00 | 1,20 | 2,00 ^A | 4,20 | 1,20 | 2,00 ^A | 6,40 |
| Ca (cmol _c dm ⁻³) n.s. | 0,20 | 0,20 ^A | 0,30 | 0,20 | 0,20 ^A | 0,30 | 0,20 | 0,20 ^A | 0,30 |
| Mg (cmol _c dm ⁻³) ** | 0,10 | 0,10 ^A | 0,20 | 0,10 | 0,10 ^A | 0,20 | 0,10 | 0,10 ^A | 0,20 |
| Al (cmol _c dm ⁻³) ** | 0,40 | 0,50 ^B | 0,70 | 0,40 | 0,60 ^A | 0,80 | 0,30 | 0,40 ^C | 0,50 |
| K (cmol _c dm ⁻³) ** | 0,05 | 0,06 ^A | 0,11 | 0,05 | 0,07 ^A | 0,09 | 0,04 | 0,05 ^B | 0,07 |
| P (mg dm ⁻³) ** | 1,20 | 1,50 ^B | 3,40 | 1,50 | 2,40 ^A | 5,60 | 0,80 | 1,50 ^B | 2,10 |
| CTC ** | 3,03 | 4,02 ^B | 5,46 | 3,50 | 4,61 ^A | 7,12 | 2,60 | 3,00 ^C | 4,22 |
| pH/CaCl ₂ ** | 3,70 | 3,90 ^B | 4,00 | 3,60 | 3,80 ^C | 4,00 | 3,80 | 4,00 ^A | 4,10 |
| Sat. Al (m%) ** | 40,82 | 58,14 ^B | 65,42 | 41,67 | 62,50 ^A | 68,97 | 35,71 | 52,63 ^B | 59,52 |
| Areia (g kg ⁻¹) ** | 780,00 | 870,00 ^B | 900,00 | 850,00 | 880,00 ^{AB} | 900,00 | 870,00 | 880,00 ^A | 900,00 |
| Argila (g kg ⁻¹) * | 70,00 | 90,00 ^A | 160,00 | 70,00 | 80,00 ^B | 100,00 | 70,00 | 80,00 ^B | 90,00 |
| Silte (g kg ⁻¹) * | 30,00 | 40,00 ^B | 60,00 | 30,00 | 40,00 ^{AB} | 50,00 | 30,00 | 40,00 ^A | 50,00 |

Valores com letras diferentes indicam diferenças significativa pelo teste de Kruskal-Wallis (*p < 0,05; ** = p < 0,01; e n.s. = não significativos). Letras dispostas da maior mediana para menor.

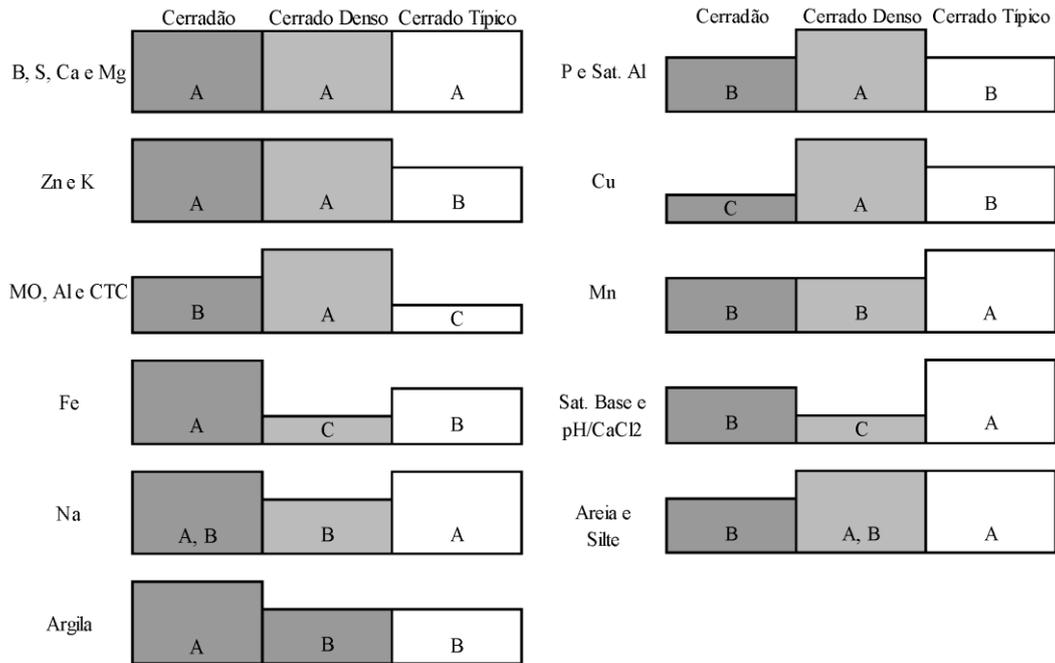


Figura 2. Comparações das variáveis edáficas entre três fitofisionomias de Cerrado amostradas na transição Cerrado-Amazônia, Ribeirão Cascalheira, Mato Grosso. Letras e tamanhos diferentes das barras indicam diferenças significativas pelo teste de Kruskal-Wallis (5%). Letras dispostas do maior para o menor valor.

As subparcelas de CO, CD e CT formaram três grupos distintos de acordo com as densidades das espécies e suas relações com as propriedades físicas e granulométricas dos solos e filtros espaciais (*MEMs*) pela Análise de Redundância (Figura 3). O primeiro eixo da ordenação explicou 13,4% da variação florístico-estrutural e revelou, de forma geral, separação das subparcelas das três fitofisionomias. As variáveis preditoras relacionadas com cada grupo apresentaram diferenças pronunciadas (veja Figura 3). O segundo eixo explicou 5,8% da variação florístico-estrutural e separou as subparcelas do CD das demais. Os grupos formados na RDA foram confirmados pela Análise de Variância ($F_{(25, 49)} = 2,76; p < 0,01$).

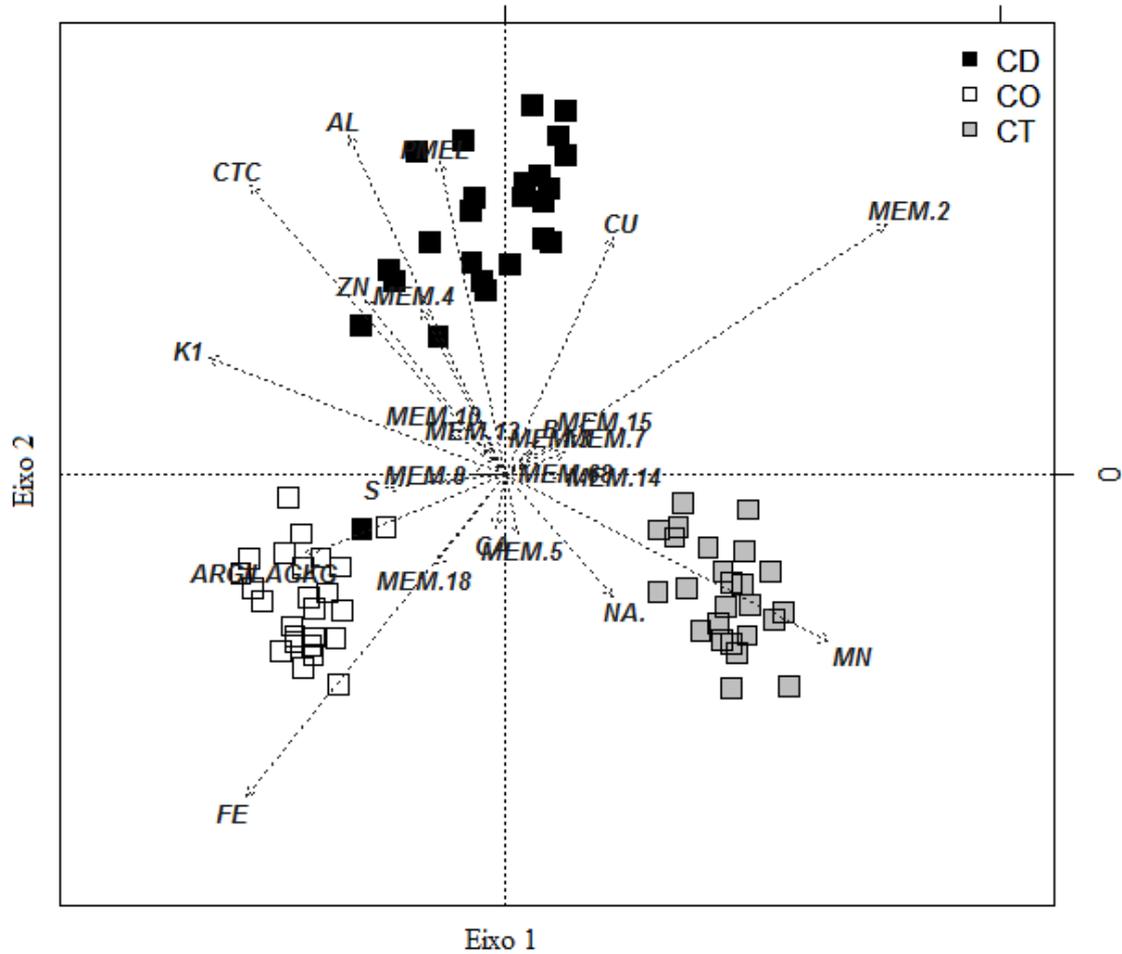


Figura 3. Análise de Redundância para espécies lenhosas, propriedades físico-químicas e filtros espaciais (*MEMs*) em três fitofisionomias de Cerrado amostradas na transição Cerrado-Amazônia, Ribeirão Cascalheira, Mato Grosso. Cerradão (CO), Cerrado Denso (CD) e Cerrado Típico (CT).

A variação na ocorrência e abundância das espécies entre as três fitofisionomias foi explicada pela fração puramente espacial ($F_{(13)} = 2,17; p < 0,01$), pela puramente edáfica ($F_{(6)} = 1,23; p = 0,01$) e, principalmente, pela fração compartilhada entre o espaço e as variáveis do solo (ambiente espacialmente estruturado). Assim, o modelo completo explicou 40% da variação (Figura 4) enquanto 60% permaneceram inexplicados (resíduos).

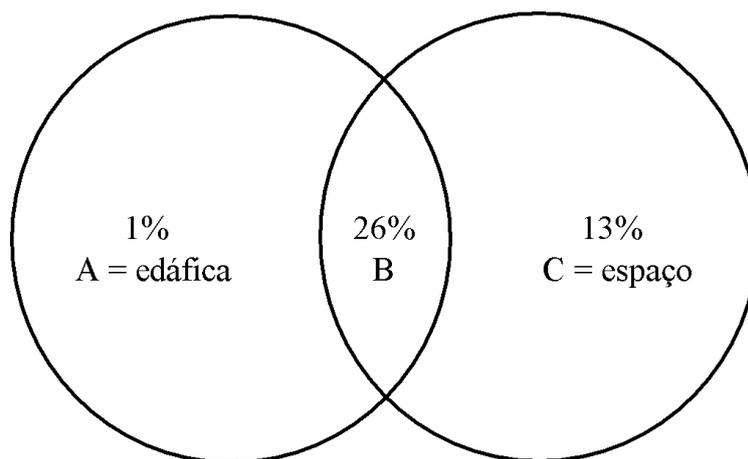


Figura 4. Partição de variância para as três fitofisionomias de Cerrado amostradas na transição Cerrado-Amazônia, Ribeirão Cascalheira, Mato Grosso. B = fração compartilhada ou ambiente espacialmente estruturado; Resíduos = 60%. Frações puras (A e C) foram significativas a 5% pelo teste de ANOVA.

Discussão

O uso de classes ou categorias de solos considerando a saturação de bases, a saturação de alumínio, a acidez e a textura não foi suficiente para distinguir os solos das três fitofisionomias estudadas. Assim, a simples categorização dos solos parece não explicar questões referentes às causas do estabelecimento dessas fitofisionomias e explicar a distinção florístico-estrutural observada entre as três fitofisionomias analisadas na vegetação revelada pela análise de RDA (veja Maracahipes-Santos et al., 2015). Considerando as propriedades edáficas isoladamente, também não notamos mudanças graduais desde o CO até o CT, que poderia sugerir um gradiente de fertilidade e granulométrico. No entanto, o gradiente local de modificação florístico-estrutural da vegetação em resposta às propriedades edáficas e espaço geográfico, proposto para a vegetação de Cerrado por diferentes autores (Eiten, 1972; Goodland e Pollard, 1973; Oliveira-Filho e Ratter, 2002; Felfili et al., 2004; Ribeiro e Walter, 2008), foi evidenciado pelo primeiro eixo da ordenação. Assim, concluímos que mudanças graduais e sutis entre as três fitofisionomias aqui analisadas só podem ser reveladas pela interação entre as distintas propriedades dos solos e entre essas e o espaço, que tem sido negligenciado em estudos comparando comunidades arbóreas de Cerrado.

Desse modo, a despeito da distinção florístico-estrutural entre as três fitofisionomias estudadas (Maracahipes-Santos et al., 2015; Pinheiro e Durigan, 2012), os fatores causais dessa distinção são complexos e parecem depender da interação entre

as diversas propriedades físicas e granulométricas dos solos que podem atuar de diferentes maneiras. Tal complexidade é notada ao se analisar o segundo eixo da ordenação que separou o Cerrado Denso das outras duas fitofisionomias. Ainda, o efeito do espaço em sinergia com as propriedades físicas e granulométricas dos solos torna ainda mais complexa a relação solo-vegetação. Até onde sabemos, esse é o primeiro estudo comparando três fitofisionomias de Cerrado *lato sensu* considerando os efeitos ambientais e do espaço. Marimon-Junior e Haridasan (2005) estudaram Cerradão e Cerrado *sensu stricto* no leste mato-grossense e não encontram relação entre solo e vegetação, porém, encontraram diferenças entre as classes de textura. Ruggiero et al. (2002), investigando fisionomias de Cerrado, não conseguiram distinguí-las com base nas características edáficas. Por outro lado, Abreu et al. (2012), investigando Cerrado Típico e Rupestre em Goiás, encontraram maior relação do solo com a composição de espécies vegetais e menor com a distância geográfica. Acreditamos que em situações onde as propriedades edáficas são mais homogêneas (presente estudo) o espaço é fator determinante, enquanto em situações nas quais os substratos são muito distintos (Abreu et al. 2012; Torello-Raventos et al. 2013; Veenendaal et al. 2015; Mews et al. submetido) as propriedades dos solos promovem as distinções florísticas e estruturais entre as fitofisionomias de Cerrado.

De acordo com a classificação de Ratter et al. (1973) e Oliveira-Filho e Ratter (2002), que considera a composição de espécies e propriedades edáficas, o Cerradão aqui estudado é do tipo distrófico e, por isso, semelhante àquele estudado por Marimon-Junior e Haridasan (2005), também no leste mato-grossense. Isso pode explicar em parte a dificuldade de distinção clara do Cerradão estudado em relação às outras duas fitofisionomias, bem como no estudo de Marimon-Junior e Haridasan (2005), uma vez que os solos dessas comunidades são predominantemente distróficos, ácidos e apresentam altos teores de alumínio. Mesmo nas situações nas quais notamos diferenças significativas entre os solos das três comunidades, essas foram pequenas em sua magnitude, como areia, argila e silte. Assim, sugerimos que apenas os solos de Cerradões distróficos não são bons preditores da distinção entre essa fitofisionomia em comparação ao Cerrado Denso e o Típico, bem como entre essas duas últimas.

A dificuldade de distinção com base nos solos fica evidente a partir dos resultados da partição de variância, uma vez que, em escala local, o CO, o CD e o CT formam habitats heterogêneos para vegetação e visto como solos relativamente homogêneos (pelo menos nutricionalmente) entre as fitofisionomias. Isso, teoricamente,

faz com que outros preditores (como variáveis geográficas) ganhem maior importância ou não tenham sua importância mascarada. Notamos que os efeitos conjugados dos solos e do espaço explicaram melhor a composição florística e a estrutura da vegetação lenhosa dessas comunidades do que os efeitos isolados dos componentes edáfico e espacial. Devido à complexidade das causas determinantes dessa distinção florística entre fitofisionomias do Cerrado, recomendamos que estudos futuros incluam maior número de variáveis ambientais, continuem a incluir o espaço e avaliem outras fitofisionomias do Cerrado, como os Cerradões mesotróficos que possuem solos notavelmente mais ricos em nutrientes (Ratter et al., 1973; Rodrigues e Araújo, 2013) que as três fitofisionomias aqui estudadas.

A distinção evidenciada entre as três fitofisionomias em função da composição florístico-estrutural, solos e do espaço sugere que a substituição das espécies é importante para elevar a riqueza florística das áreas de estudo, assim, as três fitofisionomias são importantes para a manutenção da biodiversidade do Cerrado na transição Cerrado-Amazônia. Comparando áreas de Cerrado Típico e Rupestre, Mews et al. (2014) afirmaram que essa complementariedade de fitofisionomias adjacentes do Cerrado pode ser usada para justificar estratégias de preservação das distintas fitofisionomias e em projetos que visam a criação ou ampliação das Unidades de Conservação no Cerrado. A área do presente estudo encontra-se na região conhecida como “arco do desmatamento” (Nogueira et al., 2008; Domingues e Bermann, 2012), onde há elevada ameaça de extinção de espécies. Ainda, como mostrado em outros estudos (Marimon et al., 1998, 2014; Felfili et al., 2002; Marimon-Junior e Haridasan, 2005; Kunz et al., 2009; Gomes et al., 2011; Lenza et al., 2011; Maracahipes et al., 2011; Solórzano et al., 2012; Maracahipes-Santos et al., 2015), os Cerrados do leste mato-grossense apresentam riquezas de espécies arbustivo-arbóreas entre as mais elevadas do bioma. Considerando os resultados desses autores e os do presente estudo, recomendamos a manutenção de áreas já existentes e a criação de Unidades de Conservação que contemplem as distintas fitofisionomias do Cerrado na região de transição Cerrado-Amazônia.

Concluimos que os efeitos conjugados dos solos e a distância geográfica podem explicar porção substancial da variação da composição florístico-estruturais para espécies lenhosas de formações savânicas e florestais na região de transição Cerrado-Amazônia no Brasil. A ação concomitante desses dois conjuntos de preditores pode, aparentemente, explicar maior porção dessa variação do que a ação isolada de solos e de

distância geográfica. As três fitofisionomias investigados se encontram em região de acelerada dinâmica da vegetação (veja capítulo 3, Marimon et al., 2014), fato que pode justificar as complexas relações aqui encontradas entre os solos e as distâncias geográfica com a composição florístico-estrutural da vegetação lenhosa. Assim, sugerimos a condução de novos estudos em outras comunidades de Cerrado na região de transição Cerrado-Amazônia para confirmar os resultados aqui encontrados.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT por ter me ajudado em todas as etapas; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro e pela concessão de bolsa de estudo para o primeiro autor; aos projetos "Tropical Biomes in Transition - TROBIT", PELD/CNPq (Projetos Ecológicos de Longa Duração) e PROCAD UnB/UNEMAT, pelo apoio logístico e financeiro durante as etapas de campo; e aos integrantes do Laboratório de Ecologia Vegetal-NX que contribuíram durante as coletas de dados (Bianca de Oliveira Sales, Simone Matias de Almeida Reis, Firmino Cardoso Pereira e Fábio Barbosa Passos). Agradecemos também os proprietários da Fazenda Santa Marta, pela parceria para o desenvolvimento desta pesquisa. Agradecemos aos especialistas que contribuíram com a identificação de algumas espécies do Instituto Florestal de São Paulo Dr. Osny Tadeu de Aguiar e Dra. Natalia Macedo Ivanauskas e, também da Universidade de Brasília Dra. Carolyn Elinore Barnes Proença.

Referências bibliográficas

- Abreu, M.A., Pinto, J.R.R., Maracahipes, L., Gomes, L., Oliveira, E.A., Marimon, B.S., Marimon-Junior, B.H., Farias, J., Lenza, E., 2012. Influence of edaphic variables on the floristic composition and structure of the tree-shrub vegetation in typical and rocky outcrop cerrado areas in Serra Negra, Goiás State, Brazil. *Brazilian Journal of Botany* 35, 259-272.
- APG III, 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161, 105-121.

- Araújo, G.M., Haridasan M., 1988. A comparison of the nutritional status of two forest communities on mesotrophic and dystrophic soils in central Brazil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 19, 1075-1089.
- Bivand, R.S., Hauke, J., Kossowski, T., 2013. Computing the Jacobian in Gaussian spatial autoregressive models: An illustrated comparison of available methods. *Geographical Analysis*, 45(2): 150-179.
- Blanchet, F., G., Legendre, P., Borcard, D. 2008. Forward selection of explanatory variables. *Ecology* 89, 2623-2632.
- Borcard, D., Gillet, F., Legendre, P., 2011. *Numerical Ecology with R*. Springer, New York, pp. 302.
- Carvalho, G.H., Batalha, M.A., Cianciaruso, M., Silva, I.A., Petchey, O.L., 2014. Are fire, soil fertility and toxicity, water availability, plant functional diversity, and litter decomposition related in a Neotropical savanna?. *Oecologia* 175, 923-935.
- Cavalcante, C.O., Flores, A.S., Barbosa, R.I., 2014. Fatores edáficos determinando a ocorrência de leguminosas herbáceas em savanas amazônicas. *Acta Amazonica* 44, 379-386.
- Clarke, K.R., Warwick, R.M., 1994. Similarity-based testing for community pattern: the two-way layout with no replication. *Marine Biology* 118, 167-176.
- Domingues, M.S., Bermann, C., 2012. O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja. *Ambiente & Sociedade* 15, 1-22.
- Dray, S., 2013. *spacemakeR*: Spatial modelling. R package version 0.0-5/r113. <http://R-Forge.R-project.org/projects/sedar/>.
- Dray, S., Dufour, A.B., 2007. The *ade4* package: implementing the duality diagram for ecologists. *Journal of Statistical Software* 22, 1-20.
- Dray, S., Legendre, P., Blanchet, G., 2013. *packfor*: Forward Selection with permutation (Canoco p.46). R package version 0.0-8/r109. <http://R-Forge.R-project.org/projects/sedar/>.
- Dray, S., Pelissier, R., Couteron, P., Fortin, M.J., Legendre, P., Peres-Neto, P.R., Bellier, E., Bivand, R., Blanchet, F.G., De Cáceres, M., Dufour, A.B., Heegaard, E., Jombart, T., Munoz, F., Oksanen, J., Thioulouse, J., Wagner, H.H., 2012. Community ecology in the age of multivariate multiscale spatial analysis. *Ecological Monographs* 82, 257-275.

- Eisenlohr, P.V., 2014. Persisting challenges in multiple models: a note on commonly unnoticed issues regarding collinearity and spatial structure of ecological data. *Brazilian Journal of Botany*.
- Eiten, G., 1972. The cerrado vegetation of Brazil. *The Botanical Review* 38, 201-341.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. 2006. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2a ed. Rio de Janeiro, pp. 306.
- Felfili, J.M., Felfili, M.C., Nogueira, P.E., Armas, J.F.S., Farinas, M.R., Nunes, M., Silva-Júnior, M.C., Rezende, A.V., Fagg, C.W., 2008. Padrões Fitogeográficos e sua Relação com Sistemas de Terra no Bioma Cerrado. In: Sano, S.M., Almeida, S.P., Ribeiro, J.F., (Eds.). *Cerrado: ecologia e flora*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, pp. 213-228.
- Felfili, J.M., Nogueira, P.E., Silva-Júnior, M.C., Marimon, B.S., Delitti, W.B.C., 2002. Composição florística e fitossociológica do cerrado sentido restrito no município de Água Boa-MT. *Acta Botanica Brasilica* 16, 103-112.
- Felfili, J.M., Silva-Júnior, M.C., Sevilha, A.C., Fagg, C.W., Walter, B.M.T., Nogueira, P.E., Rezende, A.V., 2004. Diversity, floristic and structural patterns of cerrado vegetation in Central Brazil. *Plant Ecology* 175, 37-46.
- Felfili, J.M., Carvalho, F.A., Libano, A.M., Venturoli, F., Pereira, B.A.S., Machado, E.L.M., 2011. Análise multivariada: princípios e métodos em estudos de vegetação. In: *Fitossociologia no Brasil: métodos e estudo de casos* (Felfili, J.M., Eisenlohr, P.V., Melo, M.M.R.F., Andrade, L.A., Meira-Neto, J.A.A., eds.). Universidade Federal de Viçosa, pp. 130-131.
- Furley, P.A., 1999. The nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. *Global Ecology* 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, 97-108.
- Gomes, L., Lenza, E., Maracahipes, L., Marimon, B.S., Oliveira, E.A., 2011. Comparações florísticas e estruturais entre duas comunidades lenhosas de cerrado típico e cerrado rupestre, Mato Grosso, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 25, 865-875.
- Goodland, R., Pollard, R., 1973. The Brazilian Cerrado Vegetation: A Fertility Gradient. *Journal of Ecology* 61, 219-224.

- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D., 2001. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontologica Electronica* 4, 9.
- Haridasan, M., 2007. Solos. In: Felfili J. M.; Rezende A. V.; Silva-Júnior M. C. (eds.). *Biogeografia do bioma Cerrado: vegetação e solos da Chapada dos Veadeiros*. Editora da Universidade de Brasília: Finatec, pp. 27-43.
- Hoffmann, W.A., Franco, A.C., 2003. Comparative growth analysis of tropical forest and savanna woody plants using phylogenetically independent contrasts. *Journal of Ecology* 91, 475-484.
- Hoffmann, W.A., Geiger, E.L., Gotsch, S.G., Rossatto, D.R., Silva, L.C.R., Lau, O.L., Haridasan, M., Franco, A.C., 2012. Ecological thresholds at the savanna-forest boundary: how plant traits, resources and fire govern the distribution of tropical biomes. *Ecology Letters* 15, 759-768.
- Kunz, S.H., Ivanauskas, N.M., Martins, S.V., 2009. Estrutura fitossociológica de uma área de cerradão em Canarana, Estado do Mato Grosso, Brasil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* 31, 255-261.
- Legendre, P., Borcard, D., Roberts, D.W., 2012. Variation partitioning involving orthogonal spatial eigenfunction submodels. *Ecology* 93, 1234-1240.
- Legendre, P., Dale, M.R.T., Fortin, M.J., Gurevitch, J., Hohn, M., Myers, D., 2002. The consequences of special structure for the design and analysis of ecological field surveys. *Ecography* 25, 601-615.
- Legendre, P., Fortin, M.J., 1989. Spatial pattern and ecological analysis. *Vegetatio* 80, 107-138.
- Legendre, P., Gallagher, E., 2001. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia* 129, 271-280.
- Legendre, P., Legendre, L., 2012. *Numerical Ecology*. 3. ed. Oxford: Elsevier.
- Lenza, E., Pinto, J.R.R., Pinto, A.S., Maracahipes, L., Bruziguessi, E.P., 2011. Comparação da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de cerrado rupestre na Chapada dos Veadeiros, Goiás, e áreas de cerrado sentido restrito do Bioma Cerrado. *Revista Brasileira de Botânica* 34, 247-259.
- Lista de Espécies da Flora do Brasil., 2014. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. (Acesso em 10/01/2014).
- Maracahipes, L., Lenza, E., Marimon, B.S., Oliveira, E.A., Pinto, J.R.R., Marimon-Junior, B.H., 2011. Estrutura e composição florística da vegetação lenhosa em

- cerrado rupestre na transição Cerrado Floresta Amazônica, Mato Grosso, Brasil. *Biota Neotropica* 11, 133-141.
- Maracahipes-Santos, L.; Lenza, E.; Santos, J.O.; Marimon, B.S.; Eisenlohr, P.V.; Marimon-Junior, B.H.; Feldpausch, T.R., 2015 . Diversity, floristic composition, and structure of the woody vegetation of the Cerrado in the Cerrado-Amazon transition zone in Mato Grosso, Brazil. *Brazilian Journal of Botany* 38, 1-11.
- Marimon, B.S., Lima, E.S., Duarte, T.G., Chieregatto, L.C., Ratter, J.A., 2006. Observations on the Vegetation of Northeastern Mato Grosso, Brazil. IV.* An Analysis of the Cerrado-Amazonian Forest Ecotone. *Edinburgh Journal of Botany* 63, 323-341.
- Marimon, B.S., Marimon-Junior, B.H., Feldpausch, T.R., Oliveira-Santos, C., Mews, H.A., Lopez-Gonzalez, G., Lloyd, J., Franczak, D.D., Oliveira, E.A., Maracahipes, L., Miguel, A., Lenza, E., Phillips, O.L., 2014. Disequilibrium and hyperdynamic tree turnover at the forest-cerrado transition zone in southern Amazonia. *Plant Ecology & Diversity (Print)* 7, 281-292.
- Marimon, B.S., Varella, R.F., Marimon-Junior, B.H., 1998. Fitossociologia de uma área de cerrado de encosta em Nova Xavantina, Mato Grosso. *Boletim do Herbário Ezechios Paulo Heringer* 3, 82-101.
- 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, 913-926.
- McCune, B., Mefford, M.J., 2011. PC-ORD Multivariate Analysis of Ecological Data. version 6.07. Gleneden Beach, MjM Software.
- Mendonça, R.C., Felfili, J.M., Walter, B.T., Silva-Júnior, M.C., Rezende, A.V., Filgueiras, T.S., Nogueira, P.E., Fagg, C.W., 2008. Flora Vascular do bioma Cerrado: checklist com 12.356 espécies. In: *Cerrado: ecologia e flora* (Sano, S.M., Almeida, S.P., Ribeiro, J.F., eds.). Embrapa Cerrados, Planaltina, pp. 421-1279.
- Mews, H., Pinto, J.R.R., Eisenlohr, P.V., Lenza, E., 2014. Does size matter? Conservation implications of differing woody population sizes with equivalent occurrence and diversity of species for threatened savanna habitats. *Biodiversity and Conservation* 23, 1119-1131.

- Mews, H.A., 2014. O Cerrado sentido restrito sobre dois substratos no Brasil Central: padrões da flora lenhosa e correlações com variáveis geoedafoclimáticas. Tese de Doutorado em Ciências Florestais. Publicação PPG/EFL. TD. 032/2014, Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Universidade de Brasília, Brasília-DF, pp. 78.
- Moreno, M.I.C., Schiavini, I., Haridasan, M., 2008. Fatores edáficos influenciando na estrutura de fitofisionomias do Cerrado. *Caminhos de Geografia* 9, 173-194.
- Motta, P.E.F., Carvalho-Filho, A., Ker, J.C., Pereira, N.R., Carvalho, J.W., Blancaneaux, P., 2002. Relações solo-superfície geomórfica e evolução da paisagem em uma área do Planalto Central Brasileiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 37, 869-878.
- Nogueira, E.M., Nelson, B.W., Fearnside, P.M., França, M.B., Oliveira, C.A., 2008. Tree height in Brazil's 'arc of deforestation': Shorter trees in south and southwest Amazonia imply lower biomass. *Forest Ecology and Management* 255, 2963-2972.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, M.H.H., Wagner, H., 2013. *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.0-10. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- Oliveira-Filho, A.T., Ratter, J.A., 1995. A study of the origin of central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. *Edinburgh Journal of Botany* 52, 141-194.
- Oliveira-Filho, A.T., Ratter, J.A., 2002. Vegetation Physiognomies and Woody Flora of the Cerrado Biome. In: Oliveira, P.S., Marquis, R.J., (Eds.). *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna*. New York: Columbia University Press, pp. 91-120.
- Oliveira-Filho, A.T., Shepherd, G.D., Martins, F.R., Stubblebine, W.H., 1989. Environmental factors affecting physiognomic and floristic variation in an area of cerrado in Central Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 5, 413-431.
- Peres-Neto, P.R., Legendre, P., 2010. Estimating and controlling for spatial structure in the study of ecological communities. *Global Ecology and Biogeography* 19, 174-184.
- Pinheiro, E.S., Durigan, G., 2012. Diferenças florísticas e estruturais entre fitofisionomias do Cerrado em Assis, SP, Brasil. *Revista Árvore* 36, 181-193.

- R Core Team, 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Ratter, J.A., 1971. Some notes on two types of cerradão occurring in northeastern Mato Grosso. In: Ferri, M.G., (ed.). III Simpósio Sobre o Cerrado. EDUSP/Edgard Blücher, São Paulo, pp. 110-112.
- Ratter, J.A., Bridgewater, S., Ribeiro, J.F., 2003. Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. *Edinburgh Journal of Botany* 60, 57-109.
- Ratter, J.A., Richards, P.W., Argent, G., Gifford, D.R., 1973. Observations on the vegetation of the northeastern Mato Grosso. I. The woody vegetation types of the Xavantina-Cachimbo Expedition area. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 266, 449-492.
- Reatto, A., Correia, J.R., Spera, S.T., 2008. Solos do Bioma do Cerrado: aspectos pedológicos. In: Cerrado: Ecologia e Flora (Sano, S.M., Almeida, S.P., Ribeiro, J.F., eds.). Embrapa-CPAC, Planaltina, pp.107-149.
- Renka, R.J., Eglen, S., Zuyev, S., White, D., 2013. *tripack*: Triangulation of irregularly spaced data. Fortran code. R package version 1.3-6. <http://CRAN.R-project.org/package=tripack>.
- Ribeiro, J.F., Walter, B.M.T., 2008. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Cerrado: Ecologia e Flora (Sano, S.M., Almeida, S.P., Ribeiro, J.F., eds.). Embrapa-CPAC, Planaltina, p. 151-212.
- Rodrigues, R.F., Araújo, G.M., 2013. Estrutura da vegetação e características edáficas de um cerradão em solo distrófico e em solo mesotrófico no Triângulo Mineiro. *Bioscience Journal* 29, 2013-2029.
- 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.
- Santos, R. M., Oliveira-Filho, A.T., Eisenlohr, P.V., Queiroz, L.P., Cardoso, D.B.O.S., Rodal, M.J.N., 2012. Identity and relationships of the Arboreal Caatinga among other floristic units of seasonally dry tropical forests (SDTFs) of north-eastern and Central Brazil. *Ecology and Evolution* 2, 409-428.

- Silva, F.A.M., Assad, E.D., Evangelista, B.A., 2008. Caracterização Climática do Bioma Cerrado. In: Cerrado: Ecologia e Flora (Sano, S.M., Almeida, S.P., Ribeiro, J.F., eds.). Embrapa-CPAC, Planaltina, pp. 67-88.
- 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.
- Solórzano, A., Pinto, J.R.R., Felfili, J.M., Hay, J.D.V., 2012. Perfil florístico e estrutural do componente lenhoso em seis áreas de cerradão ao longo do bioma Cerrado. *Acta Botanica Brasilica* 26, 328-341.
- Torello-Raventos, M., Feldpausch, T.R., Veenendaal, E., Schrodte, F., Saiz, G., Domingues, T.F., Djagbletey, G., Ford, A., Kemp, J., Marimon, B.S., Marimon-Junior, B.H., Lenza, E., Ratter, J.A., Maracahipes, L., Sasaki, D., Sonké, B., Zapfack, L., Taedoung, H., Villarreal, D., Schwarz, M., Quesada, C.A., Ishida, F.Y., Nardoto, G.B., Affum-Baffoe, K., Arroyo, L., Bowman, D.M.J.S., Compaore, H., Davies, K., Diallo, A., Fyllas, N.M., Gilpin, M., Hien, F., Johnson, M., Killeen, T.J., Metcalfe, D., Miranda, H.S., Steininger, M., Thomson, J., Sykora, K., Mougín, E., Hiernaux, P., Bird, M.I., Grace, J., Lewis, S.L., Phillips, O.L., Lloyd, J., 2013. On the delineation of tropical vegetation types with an emphasis on forest/savanna transitions. *Plant Ecology & Diversity* 6: 101-137.
- Veenendaal, E.M., Torello-Raventos, M., Feldpausch, T.R., Domingues, T.F., Gerard, F., Schrodte, F., Saiz, G., Quesada, C.A., Djagbletey, G., Ford, A., Kemp, J., Marimon, B.S., Marimon-Junior, B.H., Lenza, E., Ratter, J.A., Maracahipes, L., Sasaki, D., Sonké, B., Zapfack, L., Villarreal, D., Schwarz, M., Yoko Ishida, F., Gilpin, M., Nardoto, G.B., Affum-Baffoe, K., Arroyo, L., Bloomfield, K., Ceca, G., Compaore, H., Davies, K., Diallo, A., Fyllas, N.M., Gignoux, J., Hien, F., Johnson, M., Mougín, E., Hiernaux, P., Killeen, T., Metcalfe, D., Miranda, H.S., Steininger, M., Sykora, K., Bird, M.I., Grace, J., Lewis, S., Phillips, O.L., Lloyd, J., 2015. Structural, physiognomic and above-ground biomass variation in savanna–forest transition zones on three continents – how different are co-occurring savanna and forest formations? *Biogeosciences* 12: 2927–2951.
- Wilkinson, L., 2011. *venneuler*: Venn and Euler Diagrams. R package version 1.1-0. <http://CRAN.R-project.org/package=venneuler>.

Zar, J.H., 2010. *Biostatistical Analysis*. 5th ed., New Jersey, Pearson, Upper Saddle River.

CAPÍTULO 3. MUDANÇAS FLORÍSTICO-ESTRUTURAIS DA VEGETAÇÃO LENHOSA EM TRÊS FITOFISIONOMIAS DE CERRADO NA TRANSIÇÃO CERRADO-AMAZÔNIA, MATO GROSSO, BRASIL^{3*}

Resumo: (Mudanças florístico-estruturais da vegetação lenhosa em três fitofisionomias de Cerrado na transição Cerrado-Amazônia, Mato Grosso, Brasil). Avaliamos e comparamos as mudanças temporais na composição florística, na diversidade de espécies e na estrutura da vegetação lenhosa entre três fitofisionomias de Cerrado amostradas na transição entre o Cerrado e a Amazônia, sendo uma florestal (CO = Cerradão), uma savânica (CT = Cerrado Típico) e uma com estrutura intermediária entre floresta e savana (CD = Cerrado Denso). Considerando que nessa região de transição as savanas estão sendo substituídas por florestas, em decorrência do avanço da floresta sobre o cerrado, testamos a hipótese de que o CT é mais dinâmico, o CO é menos dinâmico e o CD tem dinâmica intermediária. Nas três fitofisionomias houve tendência para aumentos na riqueza (exceto no CD), diversidade de espécies e área basal. Nossa hipótese foi parcialmente corroborada, uma vez que as maiores mudanças na composição florística, na diversidade de espécies e nos parâmetros estruturais foram registrados no CT em relação ao CO e o CD. Assim, o elevado grau de preservação e de riqueza, a dinâmica acelerada e o aumento de área basal da vegetação nas últimas décadas, tornam a área estudada um sítio de grande interesse para a conservação e para novos estudos sobre a interação entre clima e vegetação na transição entre o Cerrado e Amazônia.

Palavras-chave: Biodiversidade, dinâmica da vegetação, mortalidade, recrutamento.

Abstract: (Floristic-structural changes of the woody vegetation of the three physiognomies of Cerrado in the Cerrado-Amazonian transition zone, Mato Grosso, Brazil). We evaluated and compared the temporal changes in floristic composition, species diversity and structure of the woody vegetation between three physiognomies of Cerrado sampled in the transition among Cerrado and Amazon biomes, being a forestry (CO = *Cerradão*), a savannic (CT = *Typical Cerrado*) and a with intermediary structure between forest and savanna (CD = *Dense Cerrado*). Considering that in this region of the transition the savannas are being replaced by forests because the forest has advanced

³ * *Submeteremos para revista científica Flora.*

over the savanna, we tested the hypothesis that the Typical *Cerrado* (savanna formation) is more dynamic, while the *Cerradão* (forestry formation) is less dynamic and the Dense *Cerrado* has intermediary dynamic. In the three physiognomies there was a tendency to increase in the richness (except in the Dense *Cerrado*), species diversity and basal area. Our hypothesis was partially confirmed, since the biggest changes in the floristic composition, species diversity and structural parameters were recorded for the Typical *Cerrado* compared to the *Cerradão* and the Dense *Cerrado*. Thus, the high degree of preservation and species richness, accelerated dynamics and increase of basal area of the vegetation in last decades, makes the area studied a site of great importance for conservation and for new studies on the interaction between climate and vegetation in the Cerrado-Amazonian transition zone.

Key works: Biodiversity, Vegetation dynamics , Mortality, Recruitment.

Introdução

Zonas de transição entre biomas são dinâmicas no tempo e, por vezes, ocorrem expansões e retrações de comunidades com distintas características florísticas e estruturais (Gowda et al., 2012; Joly et al., 2012). Na América do Sul, nos últimos 40 anos há relatos de avanços da vegetação de florestas tropicais em períodos mais úmidos e de vegetação savânica em períodos mais secos (Ratter et al., 1973; Marimon et al., 2006; Ivanauskas et al., 2008; Marimon et al., 2014). Esse fato foi evidenciado pelos autores na extensa área de transição floresta-savana na porção central e norte do estado de Mato Grosso, Brasil. Assim, nessa região o íntimo e complexo contato entre dois ecossistemas oportuniza a monitoração das mudanças temporais e espaciais e o entendimento de como florestas e savanas estão respondendo às mudanças climáticas e às pressões exercidas pela intensificação do uso da terra.

A transição entre a Amazônia e o Cerrado é formada por um mosaico vegetacional, com características florestais e savânicas (Ratter et al., 1973; Ackerly et al., 1989; Marimon et al., 2006) e sob influências florísticas dos dois biomas (Pinto e Oliveira-Filho, 1999; Méio et al., 2003). Este mosaico vegetacional é heterogêneo, com propriedades florístico-estruturais e diferentes tamanhos ao longo da transição (Marimon et al., 2006). Em Mato Grosso, a transição entre o Cerrado e a Amazônia ocupa atualmente extensa faixa, coincide com o “arco do desmatamento” (Nogueira et al., 2008; Domingues e Bermann, 2012) e é composta por florestas estacionais semidecíduais e perenifólias com características que as distinguem, tanto da Amazônia

quanto do Cerrado (Marimon et al., 2006; Balch et al., 2008, 2010; Hoffmann et al., 2012). Na região, ocorrem ainda distintas fitofisionomias do Cerrado (*sensu* Ribeiro e Walter, 2008), como Cerradão, Cerrados Denso, Típico, Ralo e Rupestre, Veredas e o Parque de Cerrado (ou Cerrado de Murundu) (Askew et al., 1970; Marimon-Junior e Haridasan, 2005; Mews et al., 2011a, b; Maracahipes et al., 2011; Marimon et al., 2014).

Estudos nessa região têm sugerido que a vegetação é hiperdinâmica (Marimon et al., 2014) e que as formações florestais estão avançando sobre as formações savânicas (Marimon et al., 2006). Acreditamos que o processo de substituição de savanas por florestas pode ser iniciado com o adensamento e o aumento na área basal de formações savânicas, as quais podem se tornar gradativamente mais florestadas e que essas mudanças estruturais poderiam ocorrer concomitantemente às mudanças florísticas.

As comunidades passam por mudanças contínuas ao longo do tempo, mesmo aquelas comunidades consideradas estáveis, devido ao balanço entre crescimento, recrutamento e mortalidade (Felfili, 1995; Corrêa e Van Den Berg, 2002). As altas taxas de mortalidade e recrutamento, reveladas em estudos de dinâmica, têm sido atribuídas aos processos de fragmentação e perturbações sofridas no passado (Silva e Araújo, 2009; Gomes et al., 2014). Desse modo, tais estudos podem subsidiar trabalhos de conservação, manejo e recuperação de áreas degradadas, além de permitir a avaliação das causas e consequências das mudanças ocorridas em função do tempo na estrutura das populações da transição. Eles permitem, ainda, ampliar o conhecimento disponível sobre as espécies e maximizar o sucesso destas quando utilizadas na restauração de áreas florestais perturbadas (Schiavini et al., 1998; Lopes e Schiavini, 2007).

Partindo da premissa de que na região de transição Cerrado-Amazônia as formações savânicas estão sendo substituídas gradativamente por formações florestais e que a vegetação é hiperdinâmica (veja Marimon et al., 2006, 2014), nós comparamos as mudanças na composição florística, na diversidade de espécies e na estrutura da vegetação lenhosa em três fitofisionomias de Cerrado para entender melhor essas mudanças temporais. Investigamos uma fitofisionomia tipicamente florestal (Cerradão), uma tipicamente savânica (Cerrado Típico) e a outra, com estrutura intermediária entre floresta e savana (Cerrado Denso). Testamos a hipótese que o Cerrado Típico é temporalmente mais dinâmico, o Cerradão é menos dinâmico e que o Cerrado Denso possui dinâmica intermediária.

Material e Métodos

Área de estudo. Este estudo foi conduzido em três distintas fitofisionomias do Cerrado: Cerradão (CO - 12°49'26,8" S e 51°46'06,0" O), Cerrado Denso (CD - 12°49'07,6" S e 51°46'12,3" O) e Cerrado Típico (CT - 12°50'02,5" S e 051°45'55,9" O) (Figura 1). As fitofisionomias estão localizadas no município de Ribeirão Cascalheira, na transição Cerrado-Amazônia, na região leste do Mato Grosso, Brasil. O clima da região é sazonal, com uma estação chuvosa, entre setembro/outubro e março/abril, e outra seca, entre abril/maio e setembro/outubro (Ratter et al., 1973; Silva et al., 2008).

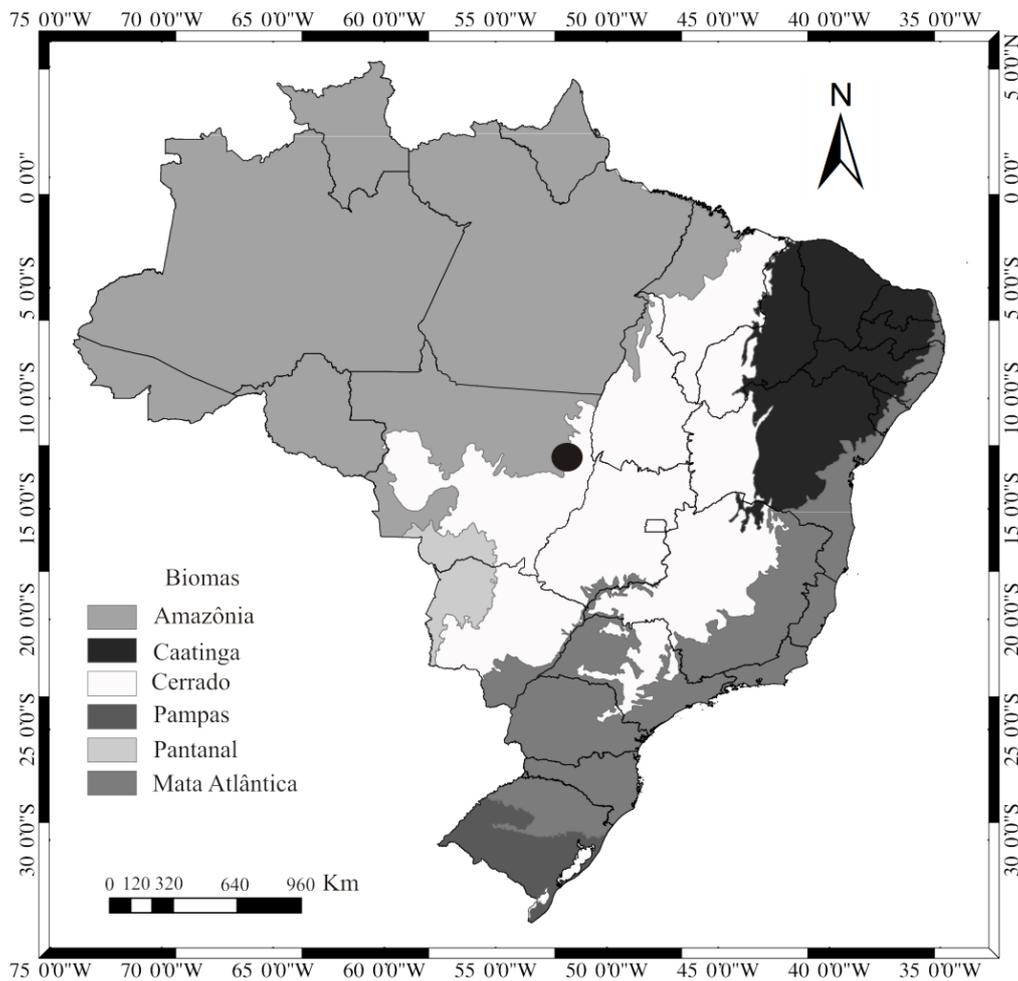


Figura 1. Localização das três fitofisionomias de Cerrado (●) amostradas na transição Cerrado-Amazônia, Ribeirão Cascalheira, Mato Grosso.

Coleta de dados. Em cada um dos três sítios estabelecemos, em abril de 2008, uma parcela de 100 × 100 m (um hectare), dividida em 25 subparcelas permanentes de 20 × 20 m. Amostramos, identificamos e marcamos com placas de alumínio todos os indivíduos lenhosos vivos com $DAP_{1,30\text{ m}}$ (diâmetro a 1,30 m do solo) ≥ 10 cm. Também medimos o diâmetro de todos os caules dos indivíduos com ramificações abaixo da

altura de medição (Moro e Martins, 2011), para calcularmos o diâmetro quadrático. Em abril de 2013, remedimos todos os indivíduos sobreviventes adotando os mesmos critérios de 2008 e incluímos os recrutados na amostragem (indivíduos que atingiram o critério mínimo de inclusão).

Identificamos as espécies em campo e quando isso não foi possível, fizemos coletas de amostras dos espécimes para comparações na coleção do Herbário NX, da Coleção Zoobotânica James Alexander Ratter, *Campus* de Nova Xavantina (UNEMAT). Consultamos ainda bibliografias especializadas e enviamos o material botânico a especialistas (ver agradecimentos). Classificamos as espécies em famílias botânicas de acordo com o sistema *Angiosperm Phylogeny Group* (APG III, 2009) e revisamos e atualizamos a nomenclatura dos táxons com base na Lista de Espécies da Flora do Brasil (2014).

Análise de dados. Para avaliar se as três fitofisionomias formavam grupos distintos, utilizamos uma Análise de Coordenadas Principais (PCoA), para os anos de 2008 e 2013, com base na composição e na abundância das espécies, adotando o coeficiente de distância de *Bray-Curtis* (Felfili et al., 2011; Legendre e Legendre, 2012). Em seguida, testamos a significância dos grupos formados na PCoA aplicando o teste ANOSIM com correção de Bonferroni (Clarke e Warwick, 1994). Realizamos essas duas análises com uso do programa R 3.0.2 (R Core Team, 2013), utilizando o pacote *vegan* (Oksanen et al., 2013). Como essas análises indicaram formação de três grupos consistentes todas as demais análises foram conduzidas comparando as três fitofisionomias.

Comparamos a riqueza de espécies entre os anos e entre as três fitofisionomias por meio de rarefação, baseada no número de indivíduos (Gotelli e Colwell, 2001) e intervalo de confiança, com 1.000 aleatorizações. Essa técnica é utilizada para comparar comunidades considerando o número de indivíduos registrados na menor amostra (Gotelli e Colwell, 2001; Magurran, 2011). Para realizar essa análise utilizamos o programa PAST (*PAleontological STatistics*), versão 2.15 (Hammer et al., 2001).

Comparamos a diversidade de espécies entre as três fitofisionomias do Cerrado e anos inventariados por meio de perfis de diversidade com a série exponencial de Rényi (Tóthmérész, 1995). Essa técnica é eficiente diante da falta de critério na seleção dos índices de diversidade, pois ela generaliza o peso que os diferentes índices dão às espécies raras (pouco abundantes) (Melo, 2008), usamos o programa PAST (*PAleontological STatistics*), versão 2.15 (Hammer et al., 2001).

Descrevemos a estrutura da vegetação a partir da densidade absoluta e do Valor de Importância (VI) (Curtis e McIntosh, 1950, 1951; Mueller-Dombois e Ellenberg, 1974) calculados no programa FITOPAC 2.1.2 (Shepherd, 2009). Utilizamos o teste de Wilcoxon para comparar as médias de densidade por subparcelas, diâmetro e área basal entre os anos no mesmo sítio. Para comparar os mesmos parâmetros relacionados acima entre sítios no mesmo ano, aplicamos o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (Zar, 2010), uma vez que, os pressupostos de normalidade dos resíduos e de homogeneidade de variâncias não foram atendidos mesmo após transformação logarítmica dos dados, em ambos os testes, seguido de teste *post hoc* de Mann-Whitney, com comparação par a par. Para essas análises utilizamos o programa PAST (*PAleontological STatistics*), versão 2.15 (Hammer et al., 2001). Todas as análises e comparações descritas acima foram realizadas entre os anos de amostragem (2008 e 2013), para a mesma fitofisionomia e entre as fitofisionomias (CO, CD e CT) no mesmo ano.

Calculamos as taxas anuais médias de mortalidade, de recrutamento e de mudança líquida, além dos tempos de reposição (*turnover*) entre as medições (Tabela 1). Para as taxas anuais de recrutamento e mortalidade, aplicamos o fator de correção proposto por Lewis et al. (2004), permitindo assim, comparações com distintos intervalos de tempos. Comparamos as taxas acima entre sítios, utilizando o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (Zar, 2010), exceto para os tempos de reposição (*turnover*), para os quais as unidades amostrais não foram suficientes para realizar os testes.

Tabela 1. Parâmetros utilizados na análise de dinâmica da vegetação lenhosa em três fitofisionomias de Cerrado amostradas na transição Cerrado-Amazônia, Ribeirão Cascalheira, Mato Grosso, Brasil. N_0 = número inicial de indivíduos, N_m = número de indivíduos mortos, t = tempo transcorrido entre censos, N_r = número de recrutadas, N_t = número final de indivíduos, AB_0 = área basal inicial, AB_t = área basal final, $T_{1/2}$ = tempo de meia vida, T_2 = tempo de duplicação e λ = taxas.

| Parâmetros de dinâmica | Equação | Referência |
|--|---|---------------------------|
| Número de Indivíduos | | |
| Taxas anuais médias de mortalidade (% ano ⁻¹) | $Mo = \{1 - [(N_0 - N_m)/N_0]^{1/t}\} \times 100$ | Sheil et al. (1995, 2000) |
| Taxas anuais médias de recrutamento (% ano ⁻¹) | $Re = [1 - (1 - N_r/N_t)^{1/t}] \times 100$ | Sheil et al. (1995, 2000) |
| Taxa de mudança líquida (% ano ⁻¹) | $Ch_N = [(N_t/N_0)^{1/t} - 1] \times 100$ | Korning e Balslev (1994) |
| Tempo de reposição (anos) | $Rep_N = ((T_{1/2 N} + T_{2 N})/2)$ | Korning e Balslev (1994) |
| Área basal | | |
| Taxa de mudança líquida (% ano ⁻¹) | $Ch_{AB} = [(AB_t/AB_0)^{1/t} - 1] \times 100$ | Korning e Balslev (1994) |
| Tempo de reposição (anos) | $Rep_{AB} = ((T_{1/2 AB} + T_{2 AB})/2)$ | Korning e Balslev (1994) |
| Fator de correção | | |
| Mortalidade e Recrutamento | $\lambda_{corr} = \lambda \times t0,08$ | Lewis et al. (2004) |

Resultados

Tanto em 2008 quanto em 2013, os grupos pré-estabelecidos com base na composição florístico-estrutural das três fitofisionomias foram confirmados (Figura 1 A e B) (ANOSIM 2008: $R = 0,38$; $p = 0,001$; 2013: $R = 0,43$; $p = 0,001$ e Bonferroni 2008 e 2013: $p < 0,001$). No entanto, notamos ainda menor dispersão das subparcelas das três fitofisionomias no ano de 2008 e maior aproximação entre essas mesmas subparcelas no ano de 2013 (Figura 1 A e B).

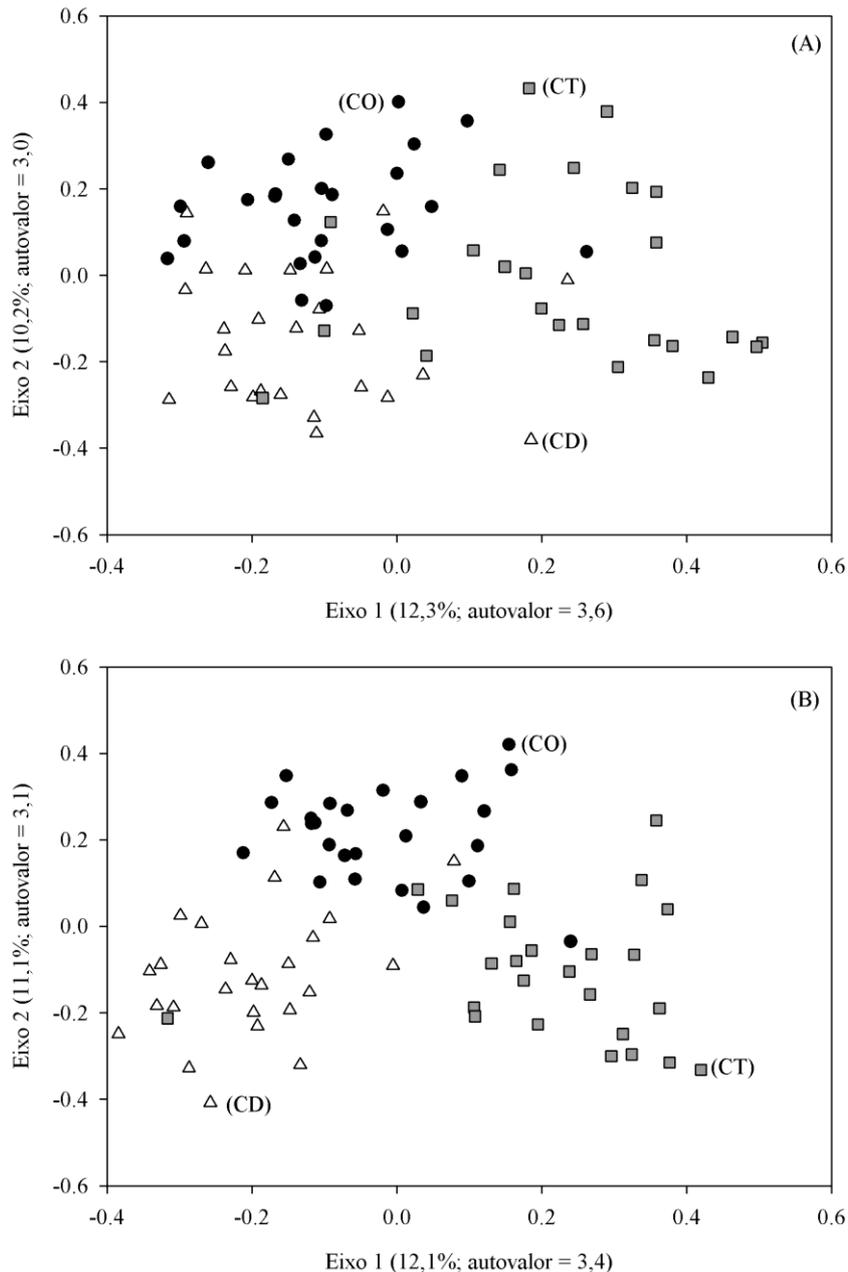


Figura 1. Análise de Coordenadas Principais para composição de espécies e abundância de árvores (2008 e 2013), em três fitofisionomias de Cerrado amostradas na transição Cerrado-Amazônia, Ribeirão Cascalheira-MT. CO = Cerradão (●); CD = Cerrado Denso (Δ); CT = Cerrado Típico (■); A = 2008 e B = 2013.

No ano de 2008, amostramos 945 indivíduos, distribuídos em 63 espécies, 45 gêneros e 27 famílias nos três sítios de Cerrado, enquanto em 2013 registramos 1.061 indivíduos, 69 espécies, 51 gêneros e 30 famílias, com uma evidente tendência em aumento das densidades nas três fitofisionomias e riqueza florística (exceto no CD) (Tabelas 2 e 3). Os aumentos mais acentuados na abundância de indivíduos e riqueza de espécie entre 2008 e 2013 foram registrados no CT, com 39,4% e 36,7%, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros estruturais e riqueza de espécies (anos de 2008 e 2013), da vegetação lenhosa amostrada em três fitofisionomias do Cerrado na transição Cerrado-Amazônia, Ribeirão Cascalheira, Mato Grosso. CO = Cerradão; CD = Cerrado Denso e CT = Cerrado Típico.

| Parâmetros | 2008 | 2013 | 2008 | 2013 | 2008 | 2013 |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|
| | CO | CO | CD | CD | CT | CT |
| Número de indivíduos | 411 | 436 | 364 | 388 | 170 | 237 |
| Número de espécies | 47 | 49 | 45 | 45 | 30 | 41 |
| Número de gêneros | 36 | 39 | 35 | 36 | 26 | 31 |
| Número de famílias | 22 | 23 | 23 | 23 | 19 | 20 |
| Número de espécies * | 2 | - | 3 | - | 1 | - |
| Número de gêneros * | 1 | - | 2 | - | 1 | - |
| Número de famílias * | 1 | - | 2 | - | 1 | - |
| Número de espécies # | - | 4 | - | 3 | - | 12 |
| Número de gêneros # | - | 4 | - | 3 | - | 6 |
| Número de famílias # | - | 2 | - | 2 | - | 2 |

* Deixaram de ser registrados em 2013, mas que haviam sido amostrados em 2008 (*outgrowth*). # Surgiram em 2013 e não haviam sido registrados em 2008 (*ingrowth*).

As riquezas rarefeitas não diferiram entre os anos de 2008 e 2013 no CO e no CD, enquanto no CT houve aumento temporal da riqueza entre os dois anos (Figura 2). Isso tornou a riqueza do CT, antes inferior àquela do CO e do CD igual às apresentadas pelas duas últimas fitofisionomias no ano de 2013 (Figura 3).

Tabela 3. Composição florística e parâmetros fitossociológicos da vegetação lenhosa (DAP \geq 10 cm) das três fitofisionomias do Cerrado amostradas em 2008 e 2013 na transição Cerrado-Amazônia, Ribeirão Cascalheira, Mato Grosso. DA = densidade absoluta; VI = Valor de Importância; CO = Cerradão; CD = Cerrado Denso; CT = Cerrado Típico.

| Espécies | Famílias | CO 2008 | | CO 2013 | | CD 2008 | | CD 2013 | | CT 2008 | | CT 2013 | |
|--|------------------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| | | DA | VI |
| 1. <i>Xylopia sericea</i> A.St.-Hil. | Annonaceae | 68 | 38,80 | 66 | 39,59 | 10 | 8,62 | 11 | 9,76 | - | - | 1 | 1,22 |
| 2. <i>Mezilaurus crassiramea</i> (Meisn.) Taub. ex Mez | Lauraceae | 40 | 29,68 | 38 | 27,26 | 18 | 14,86 | 17 | 13,09 | 20 | 33,42 | 24 | 28,45 |
| 3. <i>Pterodon pubescens</i> (Benth.) Benth. | Fabaceae | 30 | 22,19 | 47 | 28,64 | 4 | 3,34 | 4 | 3,54 | - | - | - | - |
| 4. <i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk. | Sapotaceae | 29 | 19,75 | 29 | 18,82 | 46 | 35,11 | 43 | 31,05 | 8 | 15,01 | 9 | 12,63 |
| 5. <i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth | Fabaceae | 15 | 15,19 | 15 | 14,42 | 23 | 20,21 | 24 | 19,88 | 16 | 27,91 | 19 | 24,53 |
| 6. <i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers | Icacinaceae | 16 | 12,90 | 22 | 15,22 | 56 | 43,96 | 78 | 54,70 | 7 | 8,95 | 15 | 16,03 |
| 7. <i>Qualea grandiflora</i> Mart. | Vochysiaceae | 16 | 11,23 | 19 | 12,37 | 7 | 5,16 | 7 | 5,07 | - | - | 1 | 1,31 |
| 8. <i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC. | Myrtaceae | 19 | 11,20 | 29 | 15,24 | 8 | 6,37 | 13 | 9,54 | - | - | 2 | 2,52 |
| 9. <i>Euplassa inaequalis</i> (Pohl) Engl. | Proteaceae | 9 | 8,99 | 8 | 7,53 | 6 | 6,41 | 5 | 5,32 | - | - | - | - |
| 10. <i>Roupala montana</i> Aubl. | Proteaceae | 13 | 8,29 | 16 | 9,07 | 21 | 16,59 | 23 | 17,01 | 6 | 9,27 | 9 | 10,28 |
| 11. <i>Salvertia convallariodora</i> A.St.-Hil. | Vochysiaceae | 10 | 8,29 | 11 | 8,82 | 6 | 4,93 | 7 | 5,14 | 9 | 17,55 | 10 | 14,82 |
| 12. <i>Curatella americana</i> L. | Dilleniaceae | 9 | 7,60 | 6 | 4,88 | 9 | 8,80 | 9 | 8,35 | 9 | 14,33 | 11 | 12,72 |
| 13. <i>Machaerium acutifolium</i> Vogel | Fabaceae | 10 | 7,58 | 4 | 2,62 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 14. <i>Aspidosperma multiflorum</i> A.DC. | Apocynaceae | 10 | 7,18 | 6 | 4,76 | 1 | 0,93 | 1 | 0,91 | - | - | - | - |
| 15. <i>Qualea parviflora</i> Mart. | Vochysiaceae | 8 | 6,72 | 8 | 6,63 | 1 | 0,87 | 2 | 1,65 | 13 | 20,57 | 23 | 25,58 |
| 16. <i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke | Fabaceae | 9 | 6,63 | 10 | 7,29 | 2 | 1,71 | 2 | 1,66 | 3 | 5,99 | 3 | 4,46 |
| 17. <i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos | Bignoniaceae | 8 | 6,56 | 8 | 6,13 | 20 | 14,99 | 19 | 13,93 | 6 | 11,04 | 6 | 8,27 |
| 18. <i>Eriotheca gracilipes</i> (K.Schum.) A.Robyns | Malvaceae | 8 | 6,50 | 11 | 7,96 | 1 | 1,14 | - | - | 5 | 17,29 | 6 | 14,82 |
| 19. <i>Licania humilis</i> Cham. & Schltdl. | Chrysobalanaceae | 6 | 4,68 | 5 | 4,11 | 11 | 9,56 | 9 | 6,98 | 2 | 3,81 | 2 | 2,80 |
| 20. <i>Dalbergia miscolobium</i> Benth. | Fabaceae | 5 | 4,32 | 4 | 3,40 | 2 | 1,78 | 2 | 1,69 | - | - | - | - |
| 21. <i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart. | Annonaceae | 6 | 4,16 | 2 | 1,49 | 3 | 2,28 | 1 | 0,84 | - | - | 3 | 3,18 |
| 22. <i>Qualea multiflora</i> Mart. | Vochysiaceae | 6 | 3,97 | 5 | 3,21 | 5 | 3,27 | 6 | 4,37 | - | - | - | - |

| Espécies | Famílias | CO 2008 | | CO 2013 | | CD 2008 | | CD 2013 | | CT 2008 | | CT 2013 | |
|---|-----------------|---------|------|---------|------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| | | DA | VI | DA | VI | DA | VI | DA | VI | DA | VI | DA | VI |
| 23. <i>Byrsonima basiloba</i> A.Juss. | Malpighiaceae | 4 | 3,65 | 2 | 1,81 | 3 | 2,75 | 2 | 1,84 | - | - | 1 | 1,24 |
| 24. <i>Peltogyne confertiflora</i> (Mart. ex Hayne) Benth. | Fabaceae | 4 | 3,43 | 4 | 3,32 | 2 | 1,91 | 3 | 2,68 | - | - | - | - |
| 25. <i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne | Fabaceae | 4 | 3,32 | 4 | 3,28 | 4 | 3,41 | 3 | 2,50 | - | - | 1 | 1,25 |
| 26. <i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart. | Apocynaceae | 4 | 3,23 | 3 | 2,38 | 2 | 1,68 | 2 | 1,65 | 1 | 1,87 | 1 | 1,43 |
| 27. <i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler | Combretaceae | 3 | 2,99 | 4 | 3,61 | 5 | 4,14 | 5 | 4,06 | - | - | 1 | 1,23 |
| 28. <i>Diospyros hispida</i> A.DC. | Ebenaceae | 4 | 2,81 | 4 | 2,70 | 3 | 2,21 | 2 | 1,18 | 1 | 2,05 | 1 | 1,50 |
| 29. <i>Mouriri elliptica</i> Mart. | Melastomataceae | 3 | 2,65 | 3 | 2,55 | 29 | 23,80 | 32 | 24,25 | 1 | 1,68 | 2 | 1,86 |
| 30. <i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore | Bignoniaceae | 3 | 2,39 | 3 | 2,28 | 6 | 5,94 | 5 | 5,13 | 3 | 5,72 | 3 | 4,30 |
| 31. <i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell | Nyctaginaceae | 3 | 2,27 | 3 | 2,26 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 32. <i>Guapira graciliflora</i> (Mart. ex Schmidt) Lundell | Nyctaginaceae | 3 | 2,00 | 3 | 2,27 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 33. <i>Eugenia dysenterica</i> DC. | Myrtaceae | 3 | 1,90 | 3 | 1,83 | 4 | 3,56 | 5 | 4,21 | 17 | 27,30 | 18 | 21,14 |
| 34. <i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart. | Apocynaceae | 3 | 1,85 | 3 | 1,78 | 18 | 14,75 | 18 | 14,17 | 1 | 1,68 | 1 | 1,24 |
| 35. <i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC. | Malpighiaceae | 2 | 1,66 | 1 | 0,81 | 9 | 8,17 | 7 | 5,98 | 7 | 12,11 | 8 | 9,51 |
| 36. <i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth | Malpighiaceae | 2 | 1,58 | 2 | 1,51 | 2 | 1,69 | 2 | 1,65 | - | - | - | - |
| 37. <i>Cybistax antisyphilitica</i> (Mart.) Mart. | Bignoniaceae | 2 | 1,57 | 1 | 0,75 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 38. <i>Vochysia haenkeana</i> Mart. | Vochysiaceae | 2 | 1,53 | 2 | 1,63 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 39. <i>Vochysia rufa</i> Mart. | Vochysiaceae | 2 | 1,51 | 2 | 1,49 | 2 | 1,71 | 1 | 0,82 | 1 | 1,69 | 1 | 1,28 |
| 40. <i>Aspidosperma subincanum</i> Mart. | Apocynaceae | 2 | 1,14 | 2 | 1,10 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 41. <i>Maprounea guianensis</i> Aubl. | Euphorbiaceae | 2 | 1,12 | 2 | 1,12 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 42. <i>Tachigali vulgaris</i> L.G.Silva & H.C.Lima | Fabaceae | 1 | 1,02 | 9 | 6,84 | - | - | 3 | 2,51 | - | - | 8 | 11,28 |
| 43. <i>Himatanthus bracteatus</i> (A. DC.) Woodson | Apocynaceae | 1 | 0,86 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 44. <i>Ferdinandusa elliptica</i> (Pohl) Pohl | Rubiaceae | 1 | 0,80 | 1 | 0,79 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 45. <i>Lafouensia pacari</i> A.St.-Hil. | Lythraceae | 1 | 0,80 | - | - | 1 | 0,84 | 2 | 1,63 | - | - | - | - |

| Espécies | Famílias | CO 2008 | | CO 2013 | | CD 2008 | | CD 2013 | | CT 2008 | | CT 2013 | |
|---|------------------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|-------|---------|-------|
| | | DA | VI | DA | VI |
| 46. <i>Chaetocarpus echinocarpus</i> (Baill.) Ducke | Peraceae | 1 | 0,75 | 1 | 0,76 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 47. <i>Himatanthus sucuubus</i> (Spruce ex Müll.Arg.) Woodson | Apocynaceae | 1 | 0,75 | 1 | 0,73 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 48. <i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook.f. | Opiliaceae | - | - | - | - | 1 | 0,85 | 1 | 0,81 | - | - | - | - |
| 49. <i>Andira cujabensis</i> Benth. | Fabaceae | - | - | - | - | 1 | 0,96 | 1 | 0,92 | 1 | 2,30 | 2 | 2,84 |
| 50. <i>Andira vermifuga</i> (Mart.) Benth. | Fabaceae | - | - | - | - | - | - | - | - | 4 | 8,71 | 4 | 6,48 |
| 51. <i>Annona crassiflora</i> Mart. | Annonaceae | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 1,71 | 1 | 1,25 |
| 52. <i>Byrsonima intermedia</i> A.Juss. | Malpighiaceae | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 1,11 |
| 53. <i>Byrsonima pachyphylla</i> A.Juss. | Malpighiaceae | - | - | - | - | 1 | 0,83 | 1 | 0,79 | - | - | - | - |
| 54. <i>Caryocar brasiliense</i> Cambess. | Caryocaraceae | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 1,30 |
| 55. <i>Dimorphandra mollis</i> Benth. | Fabaceae | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 | 3,53 | 4 | 5,31 |
| 56. <i>Eugenia gemmiflora</i> O.Berg | Myrtaceae | - | - | - | - | - | - | - | - | 10 | 14,25 | 15 | 15,35 |
| 57. <i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC. | Myrtaceae | - | - | - | - | - | - | - | - | 3 | 4,44 | 3 | 3,21 |
| 58. <i>Hirtella glandulosa</i> Spreng. | Chrysobalanaceae | - | - | 1 | 0,74 | 1 | 0,90 | 1 | 0,96 | - | - | - | - |
| 59. <i>Miconia</i> sp. 2 | Melastomataceae | - | - | 1 | 0,72 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 60. <i>Mouriri pusa</i> Gardner | Melastomataceae | - | - | - | - | 1 | 0,97 | 1 | 0,94 | - | - | - | - |
| 61. <i>Myrcia bella</i> Cambess. | Myrtaceae | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 1,27 |
| 62. <i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC. | Myrtaceae | - | - | - | - | 1 | 0,83 | - | - | - | - | - | - |
| 63. <i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. & Zucc.) A.Robyns | Malvaceae | - | - | - | - | - | - | 1 | 0,80 | - | - | - | - |
| 64. <i>Salacia crassifolia</i> (Mart. ex Schult.) G.Don | Celastraceae | - | - | - | - | 2 | 1,75 | - | - | 6 | 10,37 | 6 | 7,58 |
| 65. <i>Schoepfia brasiliensis</i> A.DC. | Schoepfiaceae | - | - | 1 | 0,75 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 66. <i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil. | Simaroubaceae | - | - | 1 | 0,76 | 1 | 1,11 | 1 | 1,06 | 1 | 1,80 | - | - |
| 67. <i>Strychnos pseudoquina</i> A.St.-Hil. | Loganiaceae | - | - | - | - | 4 | 3,43 | 4 | 3,28 | 5 | 11,88 | 5 | 8,91 |
| 68. <i>Stryphnodendron rotundifolium</i> Mart. | Fabaceae | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 3 | 3,16 |

| Espécies | Famílias | CO 2008 | | CO 2013 | | CD 2008 | | CD 2013 | | CT 2008 | | CT 2013 | |
|--------------------------------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|
| | | DA | VI |
| 69. <i>Tachigali aurea</i> Tul. | Fabaceae | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 1,79 | 1 | 1,36 |
| 70. <i>Tapirira guianensis</i> Aubl. | Anacardiaceae | - | - | - | - | - | - | 1 | 0,80 | - | - | - | - |
| 71. <i>Virola sebifera</i> Aubl. | Myristicaceae | - | - | - | - | 1 | 0,93 | 1 | 0,90 | - | - | - | - |
| Total Geral | | 411 | 300,00 | 436 | 300,00 | 364 | 300,00 | 388 | 300,00 | 170 | 300,00 | 237 | 300,00 |

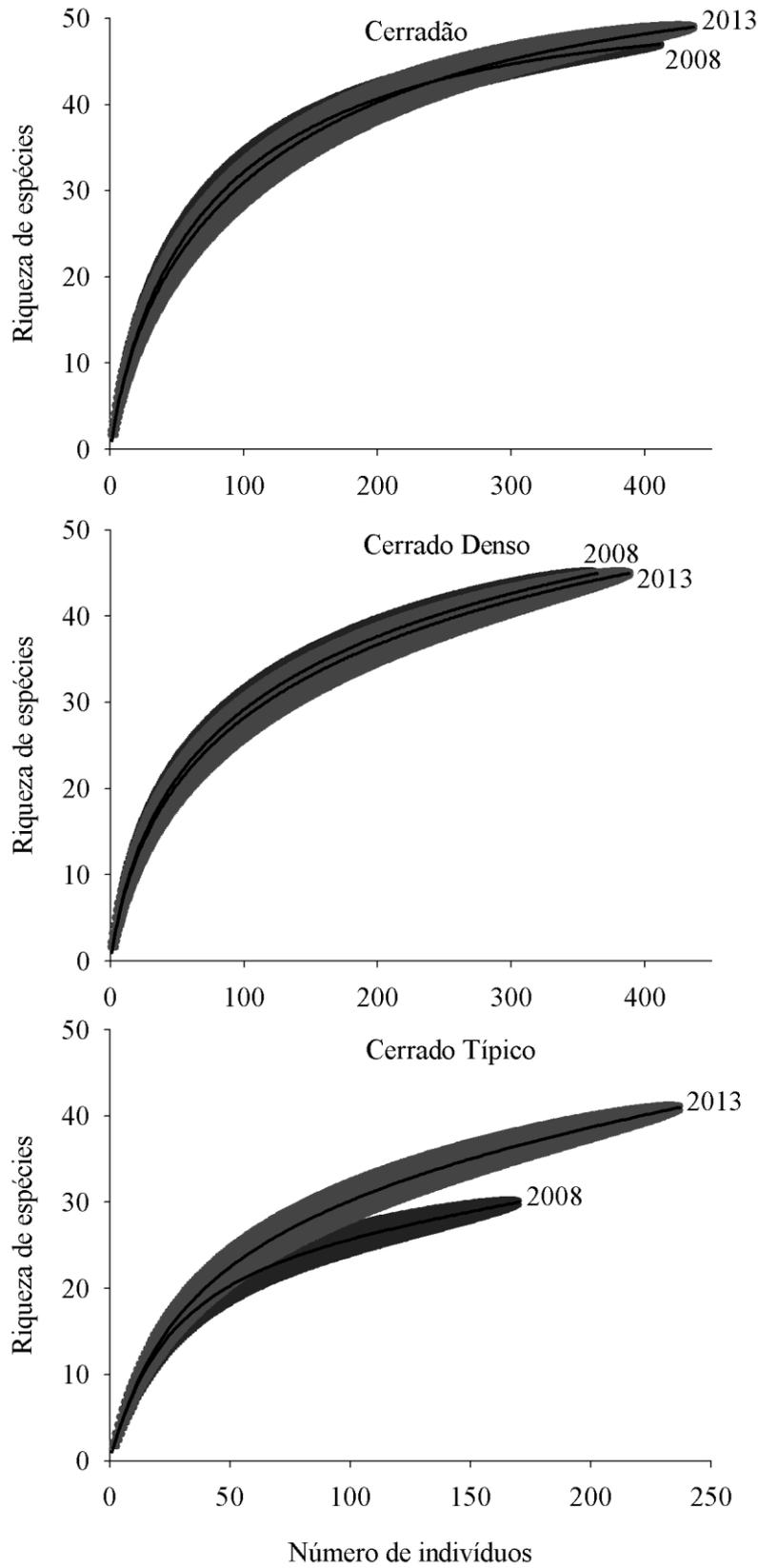


Figura 2. Curva de rarefação para as três fitofisionomias de Cerrado amostradas em 2008 e 2013, na transição Cerrado-Amazônia, Ribeirão Cascalheira, Mato Grosso. Em cinza, intervalo de confiança (95%).

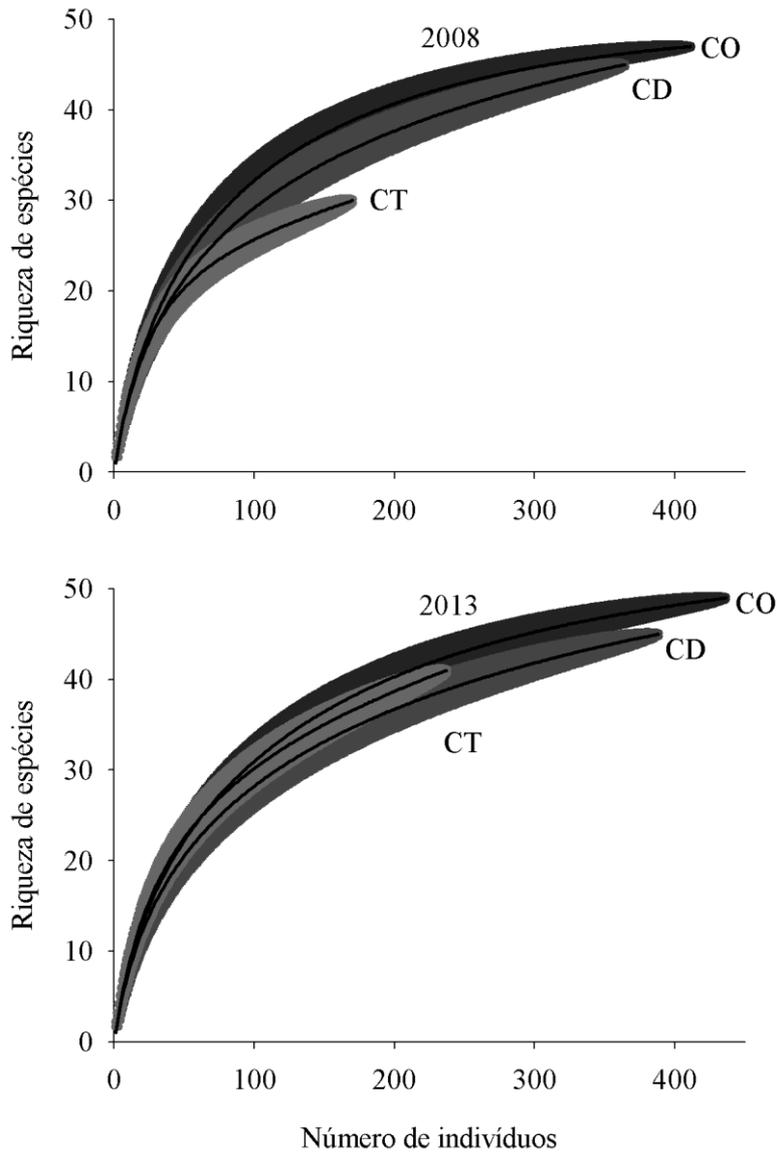


Figura 3. Curva de rarefação para as três fitofisionomias de Cerrado amostradas em 2008 e 2013, na transição Cerrado-Amazônia, Ribeirão Cascalheira, Mato Grosso. CO= Cerradão; CD= Cerrado Denso e CT= Cerrado Típico. Em cinza, intervalo de confiança (95%).

Também observamos poucas mudanças na diversidade de espécies no CO, leve redução no CD entre os anos de 2008 e 2013, enquanto no CT a diversidade aumentou entre os dois inventários (Figura 4). No entanto, esse aumento na diversidade do CT alterou o padrão de diversidade das três fitofisionomias entre os dois inventários, ou seja, o CO e o CD apresentaram menor diversidade que o CT (dependente da métrica utilizada o resultado muda “comunidades não comparáveis”), tanto em 2008 quanto em 2013 (Figura 5).

O aumento na diversidade de espécies no CT foi devido ao recrutamento, de oito indivíduos de *Tachigali vulgaris* (ausente em 2008), e outras 11 espécies com abundâncias de um a três indivíduos (veja Tabela 1; Figura 5). Além disso, algumas espécies tiveram aumentos nas abundâncias, como *Emmotum nitens* (7 indivíduos em 2008 e 15 em 2013), *Eugenia gemmiflora* (10 e 15) e *Qualea parviflora* (13 e 23). Por outro lado, pouca mudança na diversidade de espécie no CO e CD foram devido à equabilidade mais equilibrada nessas fitofisionomias, ou seja, melhor distribuição dos indivíduos entre as espécies (Figura 5). Ao passo que o CT mudou o padrão de diversidade entre os anos amostrados (Figura 5). Além disso, o elevado número de espécies recrutadas entre 2008 e 2013 ($n = 12$) incrementou a diversidade do CT, devido à distribuição mais equânime entre as espécies mais abundantes nessa fitofisionomia (Figura 5).

Algumas espécies destacaram devido aos aumentos em abundância (≥ 3 indivíduos por espécie) nas três fitofisionomias (*Tachigali vulgaris* e *Emmotum nitens*); no CO e CD (*Myrcia splendens*); no CO e CT (*Roupala montana*) ou apenas no CO (*Pterodon pubescens*, *Qualea grandiflora* e *Eriotheca gracilipes*); no CD (*Mouriri elliptica*); ou no CT (*Qualea parviflora*, *Eugenia gemmiflora*, *Mezilaurus crassiramea*, *Bowdichia virgilioides*, *Xylopia aromatica* e *Stryphnodendron rotundifolium*). Por outro lado, reduções em abundância (≥ 3 indivíduos por espécie) foram registradas apenas no CO (*Machaerium acutifolium*, *X. aromatica*, *Aspidosperma multiflorum* e *Curatella americana*) e no CD (*Pouteria ramiflora*). Algumas espécies também se destacaram quanto a mudanças positivas na área basal nas três fitofisionomias (*E. nitens*); no CO e CT (*T. vulgaris*) e apenas no CO (*Xylopia sericea*, *P. pubescens* e *M. splendens*), ou no CT (*Q. parviflora*, *M. crassiramea* e *E. gracilipes*). Por outro lado, perda de área basal evidente foi registrada apenas no CO (*M. acutifolium*). Desse modo, considerando as espécies, os ganhos em abundância e área basal nas três fisionomias foram sempre maiores do que as perdas. Ainda, ganhos foram maiores e as perdas menores no CT em relação ao CO e ao CD.

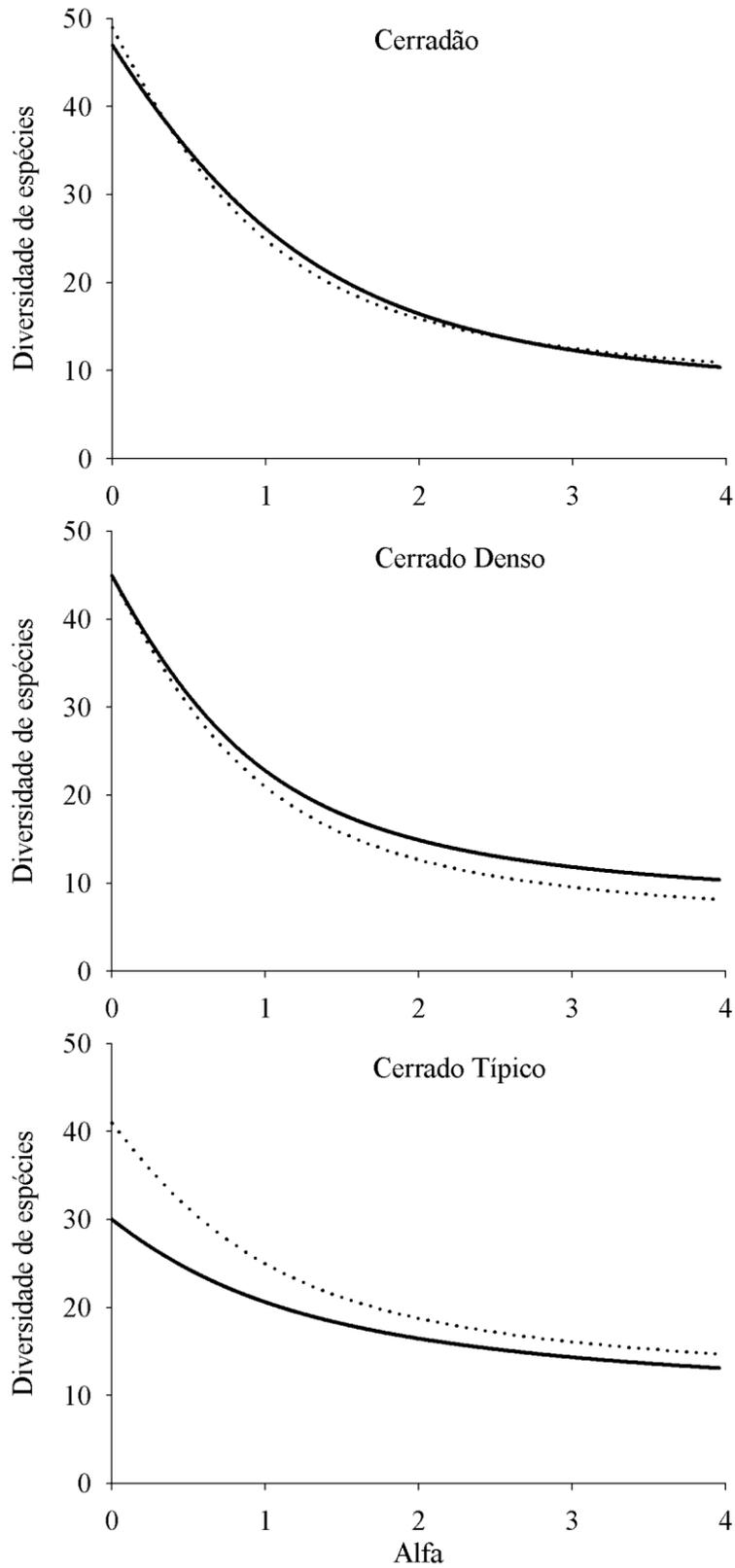


Figura 4. Perfis de diversidade de espécies de árvores amostradas em três fitofisionomias de Cerrado na transição Cerrado-Amazônia, Ribeirão Cascalheira, Mato Grosso entre 2008 (—) e 2013 (.....).

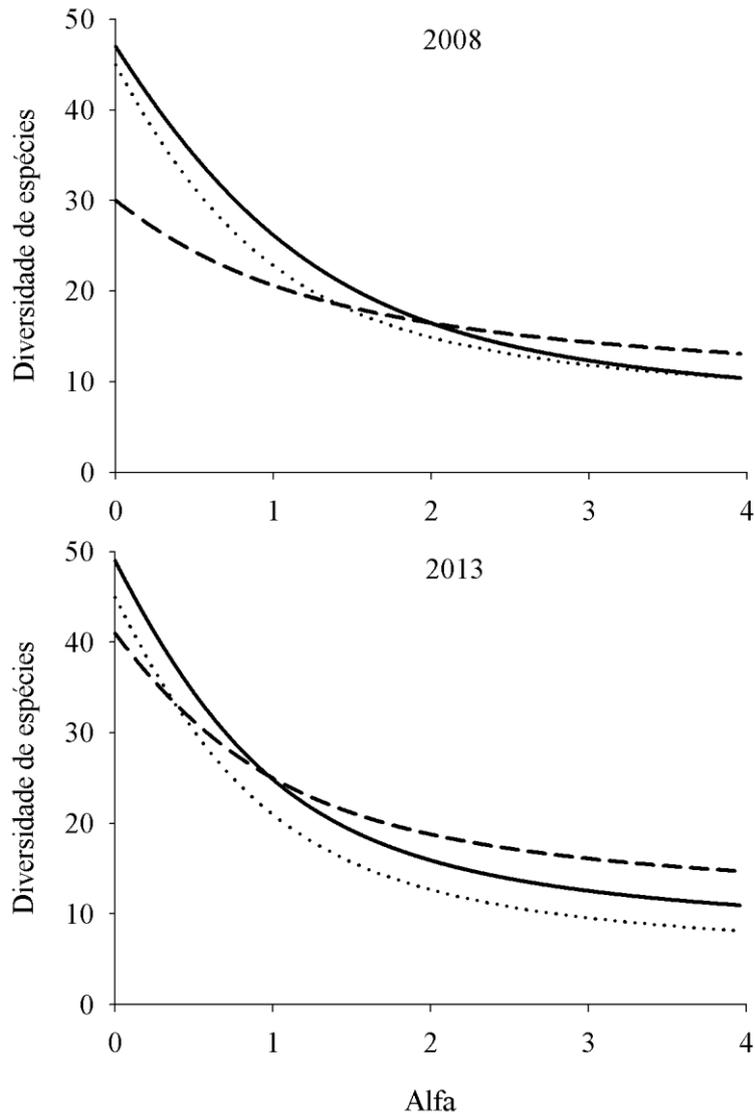


Figura 5. Perfis de diversidade de espécies de árvores amostradas em três fitofisionomias de Cerrado na transição Cerrado-Amazônia, Ribeirão Cascalheira, Mato Grosso. Cerradão (—); Cerrado Denso (.....) e Cerrado Típico (- - -).

Registramos menor taxa anual média de mortalidade e maior taxa anual média de recrutamento para o número de indivíduos no CT em relação ao CO e ao CD (Tabela 4). Como consequência, o CT apresentou maior mudança líquida quando comparado aos demais, tanto em termos de número de indivíduos, quanto em área basal (Tabela 4). Assim, a densidade e a área basal do CT aumentaram em ritmo mais acelerado que no CO e no CD. Outras consequências da maior taxa de recrutamento e menor taxa de mortalidade do CT foram o maior tempo de meia vida e o menor tempo de duplicação. Por fim, a reposição, em número de indivíduos e área basal, mais elevado no CT foi devido, principalmente, ao maior tempo de meia vida nesta fitofisionomia,

proporcionado tanto pelo elevado recrutamento quanto pelo aumento nas áreas basais dos indivíduos.

Tabela 4. Parâmetros de dinâmica da vegetação lenhosa amostrada em três fitofisionomias de Cerrado na transição Cerrado-Amazônia, Ribeirão Cascalheira, Mato Grosso, Brasil. CO = Cerradão; CD = Cerrado Denso; CT = Cerrado Típico. Letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Kruskal-Wallis a 5%.

| Parâmetros de dinâmica | 2008 – 2013 | | | Kruskal-Wallis | |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|---------|
| | CO | CD | CT | H | P |
| Número de Indivíduos | | | | | |
| Taxa anual média de mortalidade (% ano ⁻¹) | 2,89 ^a | 1,93 ^a | 0,52 ^b | 25,48 | < 0,001 |
| Taxa anual média de recrutamento (% ano ⁻¹) | 3,99 ^b | 3,29 ^b | 7,51 ^a | 16,24 | < 0,001 |
| Taxa de mudança líquida (% ano ⁻¹) | 1,04 ^b | 1,29 ^b | 6,87 ^a | 23,88 | < 0,001 |
| Tempo de reposição (anos) | 23,45 | 31,79 | 77,74 | - | - |
| Área basal | | | | | |
| Taxa de mudança líquida (% ano ⁻¹) | 1,93 ^b | 1,50 ^b | 5,86 ^a | 32,61 | < 0,001 |
| Tempo de reposição (anos) | 34,30 | 40,39 | 146,81 | - | - |

As três fitofisionomias apresentaram aumentos em abundância e nas áreas basais entre os inventários de 2008 e 2013 (veja Tabela 5). No entanto, esses aumentos nas três fitofisionomias não foram suficientes para alterar o padrão de abundância e área basal entre os inventários (Tabela 5). As densidades também foram iguais entre o CO e o CD e superiores a densidade do CT em ambos os inventários. Apenas os diâmetros não diferiram entre 2008 e 2013 dentro da mesma fitofisionomia (Tabela 5), nem entre as três fitofisionomias, tanto em 2008 quanto em 2013.

Tabela 5. Comparação das abundâncias (número de indivíduos por subparcelas de 20 m × 20 m), área basal (subparcelas de 20 m × 20 m) e diâmetro dos troncos da vegetação lenhosa (DAP ≥ 10 cm) entre os inventários de 2008 e 2013 (Wilcoxon) e entre (Kruskal-Wallis) das três fitofisionomias de Cerrado amostradas na transição Cerrado-Amazônia, Ribeirão Cascalheira, Mato Grosso, Brasil. *P* = valor de significância do teste (5%). Letras maiúsculas mostram diferenças ou semelhança entre as fitofisionomias (colunas) e letras minúsculas inventários (linhas).

| Fitofisionomias | Abundância (nº. ind.) | | <i>P</i> | Área basal (m ² .ha ⁻¹) | | <i>P</i> | Diâmetro (cm) | | <i>P</i> |
|-----------------|------------------------|------------------------|--------------|--|-------------------------|--------------|------------------------|------------------------|----------|
| | 2008 | 2013 | | 2008 | 2013 | | 2008 | 2013 | |
| Cerradão | 16,4±3,2 ^{Ab} | 17,4±3,2 ^{Aa} | 0,030 | 0,29±0,06 ^{Ab} | 0,32±0,06 ^{Aa} | 0,001 | 14,3±4,2 ^{Aa} | 14,6±4,3 ^{Aa} | 0,099 |
| Cerrado Denso | 14,6±5,6 ^{Ab} | 15,5±5,7 ^{Aa} | 0,047 | 0,25±0,11 ^{Ab} | 0,27±0,12 ^{Aa} | 0,004 | 14,4±4,0 ^{Aa} | 14,4±4,1 ^{Aa} | 0,217 |
| Cerrado Típico | 6,8±3,7 ^{Bb} | 9,5±4,5 ^{Ba} | 0,001 | 0,13±0,09 ^{Bb} | 0,17±0,10 ^{Ba} | 0,001 | 14,7±5,0 ^{Aa} | 14,3±4,9 ^{Aa} | 0,297 |
| <i>P</i> | < 0,001 | < 0,001 | -- | < 0,001 | < 0,001 | -- | 0,847 | 0,354 | -- |

Discussão

Nossos resultados sugerem que formações savânicas na transição Cerrado-Amazônia do leste mato-grossense são mais dinâmicas que formações florestais. Nossos achados, ainda, tornaram claro que a fitofisionomia savânica (CT) apresentou maiores mudanças temporais positivas na riqueza, diversidade, composição florística e estrutura da vegetação lenhosa do que as fitofisionomias florestal (CO) e intermediária (CD). De forma geral, as mudanças no CT ocorreram de tal modo que igualaram as propriedades entre ele e as duas outras fitofisionomias. Quanto aos parâmetros de dinâmica, o CT se destacou devido à menor taxa anual média de mortalidade e a maior taxa de recrutamento, mudança líquida e reposição, tanto para número de indivíduos quanto para área basal. Esses resultados dão suporte à teoria de Marimon et al. (2006) de que formações florestais estão avançando sobre formação savânicas na transição Cerrado-Amazônia.

A riqueza de espécies que era menor no CT em relação às demais fitofisionomias, no ano de 2008, se igualou em 2013 nas três fitofisionomias, devido ao elevado recrutamento de novas espécies e baixa perda por mortalidade no CT. Em outros casos, as maiores mudanças no CT reduziram as diferenças entre 2008 e 2013, mas não tornaram este semelhante às duas outras fitofisionomias. Isso ocorreu em relação aos perfis de diversidade, uma vez que apesar da mudança mais evidente no CT, o padrão se manteve inalterado nas três fitofisionomias em ambos os inventários. Ainda, a entrada de novas espécies no CT associado ao aumento na densidade de algumas espécies mudou o padrão de diversidade nessa fitofisionomia, confirmando um caráter mais dinâmico da mesma. Por fim, as mudanças na composição de espécies aumentaram a identidade florística das três fitofisionomias, revelada pela análise de ordenação, observando ambos os anos. Dessa forma, ressaltamos que as mudanças observadas nas três fitofisionomias ocorreram em um período de cinco anos, considerado como curto por alguns autores para distintas fitofisionomias de Cerrado (Felfili, 1995; Felfili et al., 2005). Assim, a hipótese aqui testada foi parcialmente corroborada, uma vez que os maiores aumentos em densidade e riqueza foram notados apenas para o CT, sem distinção entre o CO e o CD. Mais uma vez, fica evidenciado em nosso estudo a dinâmica mais acelerada do CT.

De fato, a vegetação do leste mato-grossense é considerada muito dinâmica, por estar localizada na região de contato ou de tensão ecológica entre o Cerrado e a Amazônia sob condições de pronunciada sazonalidade climáticas (Ratter et al., 2003;

Marimon et al., 2006, 2014). A região de contato entre a Amazônia e o Cerrado possui maiores índices pluviométricos em relação à região central do bioma Cerrado (Silva et al., 2008), apesar de anos de baixa pluviosidade na transição (Nepstad et al., 1994; Balch et al., 2008). Nessa região tem sido registrada ampla variedade de tipos vegetacionais (Ratter et al., 2003) e constante e acelerada mudança da vegetação (Marimon et al., 2014). Por exemplo, Marimon et al. (2006) afirmaram que nessa região está ocorrendo substituição da vegetação savânica por vegetação florestal. Esse parece ser o caso do CT aqui investigado, uma vez que notamos aumentos nas densidades e na área basal nessa fitofisionomia. Desse modo, os resultados do presente estudo indicam ganhos evidentes de densidade e de área basal, principalmente da formação savânica (CT), mesmo em curto intervalo de tempo. Isso sugere que essas savanas na transição podem ser consideradas sistemas de grande importância para acúmulo de carbono, porém, a vegetação dessa região está sendo suprimida devido às substituições para agricultura e pecuária (Marimon et al., 2006).

Estudos em formações savânicas no mundo (*e.g.* Warman e Moles, 2009; Mitchard et al., 2011; Palla et al., 2011) e no Brasil (*e.g.* Mews et al., 2011; Gomes et al., 2014) evidenciaram mudanças estruturais e florísticas geralmente inferiores àquelas registradas no CT do presente estudo. No entanto, outro estudo com vegetação de transição evidenciou dinâmica destacadamente acelerada da vegetação (Marimon et al., 2014). Esses resultados sugerem que savanas em zonas de contato com florestas são muito dinâmicas, devido à substituição e o compartilhamento de espécies entre os biomas.

É importante notar que, apesar da dinâmica mais acelerada do CT, todas as fitofisionomias aqui estudadas apresentaram ganho de indivíduos e de área basal, bem como apresentaram maiores taxas de recrutamento do que de mortalidade, sugerindo um bom estado de preservação das três áreas amostradas. Além disso, segundo relatos dos proprietários dessa área e de um morador local, a última queimada ocorreu há cerca de onze anos e atingiu as três fitofisionomias. Também não observamos evidências de queimadas na área de estudo entre os anos de 2008 e 2013. Desse modo, estes sítios estão em bom estado de conservação, pelo menos na última década, e passaram pelo mesmo regime de queimadas. Ainda, considerando que as áreas estão sob as mesmas condições climática, mesma altitude e mesmas propriedades físicas e granulométricas dos solos (Capítulo 2), os distintos parâmetros de dinâmica observados entre o CT e as

duas outras fitofisionomias (CO e CD) podem ser atribuídos às propriedades intrínsecas das três fitofisionomias aqui analisadas.

As mudanças nas propriedades florísticas e estruturais da vegetação da fitofisionomia de CT estão entre as maiores já registradas em estudos no Cerrado, seja com formações savânicas (Cerrado sentido restrito) (Mews et al., 2011) ou florestais como Cerradões (Franczak et al., 2011), florestas estacionais (Marimon et al., 2014) e com Cerrado na região sudeste do Brasil (Pinheiro e Durigan 2009). Desse modo, acreditamos que a dinâmica acelerada no CT parece ser consequência do fato desse estar localizado na dinâmica região de contato entre o Cerrado e a Amazônia, conforme proposto por Marimon et al. (2006, 2014). Esses autores afirmam que não apenas a remoção da vegetação na região, mas também outros distúrbios antrópicos, como queimadas cada vez mais frequentes podem estar revertendo um processo de acúmulo de biomassa inerente dessa região de transição. Assim, as formações savânicas de Cerrado também estariam atuando como sumidouro de carbono na região.

A vegetação e os aspectos ambientais da área de estudo já foram investigados nas décadas de 60 e 70 pela equipe da Expedição Xavantina-Cachimbo, a qual indicou elevada riqueza de paisagem e sugeriam que essa região de transição não é estática (Ratter et al., 1973). Assim, o elevado grau de preservação e de riqueza, o longo histórico de estudos, a dinâmica acelerada e o aumento de área basal da vegetação nas últimas décadas tornam essa área e outros poucos remanescentes de Cerrado no leste mato-grossense verdadeiros pontos de grande interesse para a conservação e para novos estudos sobre a interação entre clima e vegetação na transição entre o Cerrado e Amazônia. Dessa forma, os padrões aqui observados, em pequena escala espacial e temporal, devem ser avaliados em escala mais regional e em maior intervalo de tempo.

Concluimos que as formações tipicamente savânicas podem apresentar mudanças mais rápidas e evidentes do que as formações tipicamente florestais e formações intermediárias na região de transição Cerrado-Amazônia no Brasil. A partir disso, esperamos que as formações savânicas possam revelar com maior clareza os avanços gradativos de florestas sobre savanas na região de transição, os quais já foram sugeridos na literatura. Sugerimos, ainda, que estudos futuros direcionem o enfoque para mudanças em outros atributos das comunidades vegetais, como a diversidade funcional e filogenética.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, *campus* de Nova Xavantina, por te me ajudado o primeiro autor em todas as etapas; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo para o primeiro autor; aos projetos "*Tropical Biomes in Transition - TROBIT*", PELD/CNPq (Projetos Ecológicos de Longa Duração) e PROCAD UnB/UNEMAT, pelo apoio logístico e financeiro durante as etapas de campo; e à Bianca de Oliveira, à Simone Matias de Almeida Reis e ao Josias Oliveira dos Santos pela ajuda em campo. Agradecemos também os proprietários da Fazenda Santa Marta, pela parceria para o desenvolvimento desta pesquisa. Agradecemos aos especialistas que contribuíram com a identificação de algumas espécies do Instituto Florestal de São Paulo Dr. Osny Tadeu de Aguiar e Dra. Natalia Macedo Ivanauskas e, também da Universidade de Brasília Dra. Carolyn Elinore Barnes Proença.

Referências bibliográficas

- Ackerly, D.D., Thomas, W.W., Ferreira, C.A.C., Pirani, J.R., 1989. The forest-cerrado transition zone in southern Amazonia: results of the 1985 Projeto Flora Amazônica expedition to Mato Grosso. *Brittonia* 41, 113-128.
- APG III., 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161, 105-121.
- Askew, G.P., Moffatt, D.J., Montgomery, R.F., Searl, P.L., 1970. Interrelationships of soils and vegetation in the savanna-forest boundary zone of north eastern Mato Grosso. *The Geographical Journal* 136, 370-376.
- Balch, J.K., Nepstad, D.C., Brando, P.M., Alencar, A., 2010. Comment on “The Incidence of Fire in Amazonian Forests with Implications for REDD”. *Science* 330, 1627.
- Balch, J.K., Nepstad, D.C., Brando, P.M., Curran, L.M., Portela, O., Carvalho-Júnior, O., Lefebvre, P., 2008. Negative fire feedback in a transitional forest of southeastern Amazonia. *Global Changes Biology* 14, 2276-2287.
- Clarke, K.R., Warwick, R.M., 1994. Similarity-based testing for community pattern: the two-way layout with no replication. *Marine Biology* 118, 167-176.

- Corrêa, B.S., Van Den Berg, E., 2002. Estudo da dinâmica da população de *Xylopia brasiliensis* Sprengel em relação a parâmetros populacionais e da comunidade em uma floresta de galeria em Itutinga, MG, Brasil. *Cerne* 8, 1-12.
- Curtis, J.T., McIntosh, R.P., 1950. The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. *Ecology* 31, 434-455.
- Curtis, J.T., McIntosh, R.P., 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32, 476-496.
- Domingues, M.S., Bermann, C., 2012. O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja. *Ambiente & Sociedade* 15, 1-22.
- Felfili, J.M., 1995. Growth, recruitment and mortality in the Gama gallery forest in central Brazil over a six-year period (1985-1991). *Journal of Tropical Ecology* 11, 67-83.
- Felfili, J.M., Carvalho, F.A., Haidar, R.F. 2005. Manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos biomas Cerrado e Pantanal. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, pp. 55.
- Felfili, M.C., Carvalho, F.A., Libano, A.M., Venturoli, F., Pereira, B.A.S., Machado, E.L.M., 2011. Análise multivariada: princípios e métodos em estudos de vegetação. In: *Fitossociologia no Brasil: métodos e estudo de casos* (Felfili, J.M., Eisenlorh, P.V., Melo, M.M.R.F., Andrade, L.A., Meira-Neto, J.A.A., eds.). Universidade Federal de Viçosa, pp. 130-131.
- Franczak, D.D., Marimon, B.S., Marimon-Junior, B.H., Mews, H.A., Maracahipes, L., Oliveira, E.A. 2011. Changes in the structure of a savanna forest over a six-year period in the Amazon-Cerrado transition, Mato Grosso state, Brazil. *Rodriguésia* 62, 425-436.
- Gomes, L., Maracahipes, L., Marimon, B.S., Reis, S.M., Elias, F., Maracahipes-Santos, L., Marimon-Junior, B.H., Lenza, E., 2014. Post-fire recovery of savana vegetation from rocky outcrops. *Flora* 209, 201-208.
- Gotelli, N.J., Colwell, R.K., 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters* 4, 379-391.
- Gowda, J.H., Kitzberger, T., Premoli, A.C. 2012. Landscape responses to a century of land use along the northern Patagonian forest-steppe transition. *Plant Ecology* 213, 259-272.

- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D., 2001. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontologica Electronica* 4, 9.
- Hoffmann, W.A., Geiger, E.L., Gotsch, S.G., Rossatto, D.R., Silva, L.C.R., Lau, O.L., Haridasan, M., Franco, A.C., 2012. Ecological thresholds at the savanna-forest boundary: how plant traits, resources and fire govern the distribution of tropical biomes. *Ecology Letters* 15, 759-768.
- Ivanauskas, N.M., Monteiro, R., Rodrigues, R.R. 2008. Classificação fitogeográfica das floresta do Alto Rio Xingu. *Acta Amazonica* 38, 387-402.
- Joly, C.A., Assis, M.A., Bernacci, L.C., Tamashiro, J.Y., Campos, M.C.R., Gomes, J.A.M.A., Lacerda, M.S., Santos, F.A.M., Pedroni, F., Pereira, L.S., Padgurschi, M.C.G., Prata, E.M.B., Ramos, E., Torres, R.B., Rochelle, A., Martins, F.R., Alves, L.F., Vieira, S.A., Martinelli, L.A., Camargo, P.B., Aidar, M.P.M., Eisenlohr, P.V., Simões, E., Villani, J.P., Belinello, R., 2012. Florística e fitossociologia em parcelas permanentes da Mata Atlântica do sudeste do Brasil ao longo de um gradiente altitudinal. *Biota Neotropica* 12, 125-145.
- Korning, J., Balslev, H., 1994. Growth and mortality of trees in amazonian tropical rain forest in Ecuador. *Journal of Vegetation Science* 5, 77-86.
- Legendre, P., Legendre, L., 2012. *Numerical Ecology*. 3. ed. Oxford: Elsevier.
- Lewis, S.L., Phillips, O.L., Sheil, D., Vinceti, B., Baker, T.R., Brown, S., Graham, A.W., Higuchi, N., Hilbert, D.W., Laurance, W.F., Lejoly, J., Malhi, Y., Monteagudo, A., Núñez Vargas, P., Sonké, B., Supardi, N.M.N., Terborgh, J.W., Vásquez Martínez, R., 2004. Tropical forest tree mortality, recruitment and turnover rates: calculation, interpretation and comparison when census intervals vary. *Journal of Ecology* 92, 929-944.
- Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. (Acesso em 20/11/2014).
- Lopes, S.F., Schiavini, I., 2007. Dinâmica da comunidade arbórea de mata de galeria da Estação Ecológica do Panga, Minas Gerais, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 21, 249-261.
- Magurran, A.E., 2011. Medindo a diversidade biológica. UFPR ed., Universidade Federal do Paraná, Curitiba, pp. 261.
- Maracahipes, L., Lenza, E., Marimon, B.S., Oliveira, E.A., Pinto, J.R.R., Marimon-Junior, B.H., 2011. Estrutura e composição florística da vegetação lenhosa em

- cerrado rupestre na transição Cerrado Floresta Amazônica, Mato Grosso, Brasil. *Biota Neotropica* 11, 133-141.
- Marimon, B.S., Lima, E.S., Duarte, T.G., Chieregatto, L.C., Ratter, J.A., 2006. Observations on the Vegetation of Northeastern Mato Grosso, Brazil. IV.* An Analysis of the Cerrado-Amazonian Forest Ecotone. *Edinburgh Journal of Botany* 63, 323-341.
- Marimon, B.S., Marimon-Junior, B.H., Feldpausch, T.R., Oliveira-Santos, C., Mews, H.A., Lopez-Gonzalez, G., Lloyd, J., Franczak, D.D., Oliveira, E.A., Maracahipes, L., Miguel, A., Lenza, E., Phillips, O.L., 2014. Disequilibrium and hyperdynamic tree turnover at the forest-cerrado transition zone in southern Amazonia. *Plant Ecology & Diversity (Print)* 7, 281-292.
- 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, 913-926.
- Méio, B.B., Freitas, C.V., Jatobá, L., Silva, M.E.F., Ribeiro, J.F., Henriques, R.P.B., 2003. Influência da flora das florestas Amazônica e Atlântica na vegetação do cerrado sensu stricto. *Revista Brasileira de Botânica* 26, 437-444.
- Melo, A.S., 2008. O que ganhamos “confundindo” riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade?. *Biota Neotropica* 8, 21-27.
- Mews, A.M., Marimon, B.S., Pinto, J.R.R., Silvério, D.V., 2011a. Dinâmica estrutural da comunidade lenhosa em Floresta Estacional Semidecidual na transição Cerrado-Floresta Amazônica, Mato Grosso, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 25, 845-857.
- Mews, H.A., Marimon, B.S., Maracahipes, L., Franczak, D.D., Marimon-Junior, B.H., 2011b. Dinâmica da comunidade lenhosa de um cerrado típico na região Nordeste do Estado de Mato Grosso, Brasil. *Biota Neotropica* 11, 73-82.
- Mitchard, E.T.A., Saatchi, S.S., Lewis, S.L., Feldpausch, T.R., Woodhouse, I.H., Sonké, B., Rowland, C., Meir, P., 2011. Measuring biomass changes due to woody encroachment and deforestation/degradation in a forest-savanna boundary region of central Africa using multi-temporal L-band radar backscatter. *Remote Sensing of Environment* 115, 2861-2873.
- Moro, M.F., Martins, F.R., 2011. Métodos de levantamento do componente arbóreo-arbustivo. In: *Fitossociologia no Brasil: Métodos e estudos de casos* (Felfili,

- J.M., Eisenlorh, P.V., Melo, M.M.R.F., Andrade, L.A., Meira-Neto, J.A.A., orgs.). Universidade Federal de Viçosa, pp. 174-212.
- Mueller-Dombois, D., Ellenberg, H., 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons, New York, pp. 547.
- Nepstad, D.C., Carvalho, C.R., Davidson, E.A., Jipp, P.H., Lefebvre, P.A., Negreiros, G.H., Silva, E.D., Stone, T.A., Trumbore, S.E., Vieira, S. 1994. The role of deep roots in the hydrological and carbon cycles of Amazonian forests and pastures. *Nature* 372, 666-669.
- Nogueira, E.M., Nelson, B.W., Fearnside, P.M., França, M.B., Oliveira, C.A., 2008. Tree height in Brazil's 'arc of deforestation': Shorter trees in south and southwest Amazonia imply lower biomass. *Forest Ecology and Management* 255, 2963-2972.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, M.H.H., Wagner, H., 2013. *vegan*: Community Ecology Package. R package version 2.0-10. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- Palla, F., Picard, N., Abernethy, K.A., Ukizintambara, T., White, E.C., Riéra, B., Rudant, J.P., White, L., 2011. Structural and floristic typology of the forests in the forest-savanna mosaic of the Lopé National Park, Gabon. *Plant Ecology and Evolution* 144, 255-266.
- Pinheiro, E.S., Durigan, G. 2009. Dinâmica espaço-temporal (1962-2006) das fitofisionomias em unidade de conservação do cerrado no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 32, 441-454.
- Pinto, J.R.R., Oliveira-Filho, A.T., 1999. Perfil florístico e estrutura da comunidade arbórea de uma floresta de vale no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães, Mato Grosso, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica (Impresso)* 22, 53-67.
- R Core Team, 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Ratter, J.A., Askew, G.P., Montgomery, R.F., Gifford, D.R., 1978. Observations on the vegetation of northeastern Mato Grosso II. Forests and soils of the Rio Suiá-Missu area. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 203, 191-208.

- Ratter, J.A., Bridgewater, S., Ribeiro, J.F., 2003. Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. *Edinburgh Journal of Botany* 60, 57-109.
- Ratter, J.A., Richards, P.W., Argent, G., Gifford, D.R., 1973. Observations on the vegetation of the northeastern Mato Grosso. I. The woody vegetation types of the Xavantina-Cachimbo Expedition area. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 266, 449-492.
- Ribeiro, J.F., Walter, B.M.T., 2008. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In *Cerrado: Ecologia e Flora* (Sano, S.M., Almeida, S.P., Ribeiro, J.F. eds.). Embrapa-CPAC, Planaltina-DF. pp. 151-212.
- Schiavini, I., Resende, J.C.F., Aquino, F.G., 1998. Dinâmica de espécies arbóreas em Mata de Galeria e Mata Mesófila na margem do Ribeirão Panga, MG. In: *Cerrado: ambiente e flora* (Sano, S.M., Almeida, S.P. (eds.)). EMBRAPA-CPAC, Planaltina-DF. pp. 267-299.
- Sheil, D., Burslem, D.F.R.P., Alder, D., 1995. The interpretation and misinterpretation of mortality rate measures. *Journal of Ecology* 83, 331-333.
- Sheil, D., Jennings, S., Savill, P., 2000. Long-term permanent plot observations of vegetation dynamics in Budongo, a Ugandan rain forest. *Journal of Tropical Ecology* 16, 765-800.
- Shepherd, G.J., 2009. FITOPAC 2.1 (versão preliminar). Departamento de Biologia Vegetal, Universidade Estadual de Campinas.
- Silva, F.A.M., Assad, E.D., Evangelista, B.A., 2008. Caracterização Climática do Bioma Cerrado. In: *Cerrado: Ecologia e Flora* (Sano, S.M., Almeida, S.P., Ribeiro, J.F., eds.). Embrapa-CPAC, Planaltina-DF. pp. 67-88.
- Silva, M.R., Araújo, G.M., 2009. Dinâmica da comunidade arbórea de uma floresta semidecidual em Uberlândia, MG, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 23, 49-56.
- Tóthmérész, B., 1995. Comparison of different methods for diversity ordering. *Journal of Vegetation Science* 6, 283-290.
- Warman, L., Moles, A.T., 2009. Alternative stable states in Australia's Wet Tropics: a theoretical framework for the field data and a field-case for the theory. *Landscape Ecology* 24, 1-13.
- Zar, J.H., 2010. *Biostatistical Analysis*. 5th ed., New Jersey, Pearson, Upper Saddle River.

Apêndice I

Normas gerais da revista científica selecionada para submissão dos artigos que compõem a presente dissertação:

1. Submetemos o primeiro capítulo para revista científica *Brazilian Journal of Botany*, cujas normas estão disponíveis em: <http://www.springer.com/life+sciences/plant+sciences/journal/40415>.

2. Submeteremos o segundo e o terceiro capítulos para revista científica *Flora*. As normas estão disponíveis em: <http://www.journals.elsevier.com/flora>.