

**VEGETAÇÃO ARBUSTIVO-ARBÓREA EM ÁREAS DE
CERRADO RUPESTRE NA CADEIA DO ESPINHAÇO**

SÍLVIA DA LUZ LIMA MOTA

**TESE DE DOUTORADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

**VEGETAÇÃO ARBUSTIVO-ARBÓREA EM ÁREAS DE
CERRADO RUPESTRE NA CADEIA DO ESPINHAÇO**



SÍLVIA DA LUZ LIMA MOTA

ORIENTADOR: PROF. DR. JOSÉ ROBERTO RODRIGUES PINTO

COORIENTADOR: PROF. DR. HENRIQUE AUGUSTO MEWS

TESE DE DOUTORADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

BRASÍLIA/DF, 17 DE MARÇO DE 2016

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

“VEGETAÇÃO ARBUSTIVO-ARBÓREA EM ÁREAS DE CERRADO
RUPESTRE NA CADEIA DO ESPINHAÇO”

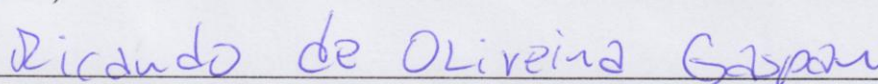
SÍLVIA DA LUZ LIMA MOTA

TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS, DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL, DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR.

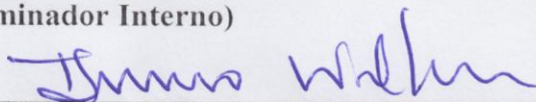
APROVADA POR:



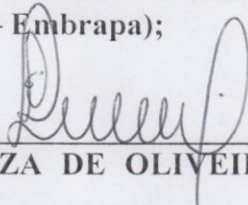
Prof^o Dr. JOSÉ ROBERTO RODRIGUES PINTO (Departamento de Engenharia Florestal – EFL/UnB);
(Orientador)



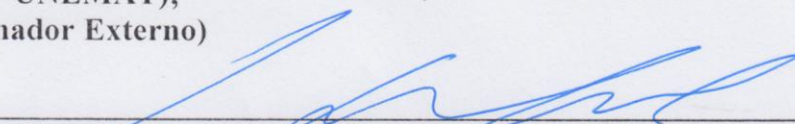
Prof^o Dr. RICARDO DE OLIVEIRA GASPARE (Departamento de Engenharia Florestal – EFL/UnB);
(Examinador Interno)



Prof^o Dr. BRUNO MACHADO TELES WALTER (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa);
(Examinador Externo)



Prof^o Dr. EDDIE LENZA DE OLIVEIRA (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT);
(Examinador Externo)



Prof^o Dr. EVANDRO LUIZ MENDONÇA MACHADO (Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM);
(Examinador Externo)

Prof^o Dr. MANOEL CLÁUDIO DA SILVA JÚNIOR (Departamento de Engenharia Florestal – EFL/UnB).
(Examinador Suplente)

Brasília-DF, 17 de março de 2016.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

MM917v	Mota, Sílvia da Luz Lima Vegetação arbustivo-arbórea em áreas de Cerrado Rupestre na Cadeia do Espinhaço / Sílvia da Luz Lima Mota; orientador José Roberto Rodrigues Pinto; co orientador Henrique Augusto Mews. -- Brasília, 2016. 74 p. Tese (Doutorado - Doutorado em Ciências Florestais) -- Universidade de Brasília, 2016. 1. Biodiversidade. 2. Fitogeografia. 3. Dispersão. 4. Filtro ambiental. 5. Filtro espacial. I. Pinto, José Roberto Rodrigues, orient. II. Mews, Henrique Augusto, co-orient. III. Título.
--------	---

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MOTA, S. L L. (2016). Vegetação arbustivo-arbórea em áreas de Cerrado Rupestre na Cadeia do Espinhaço. Tese de Doutorado em Ciências Florestais. Publicação PPG/EFL. TD-064/2016, Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 74 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Sílvia da Luz Lima Mota

TÍTULO: Vegetação arbustivo-arbórea em áreas de Cerrado Rupestre na Cadeia do Espinhaço.

GRAU: Doutor; ANO: 2016; ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Conservação da Natureza

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

Sílvia da Luz Lima Mota
Endereço eletrônico: silvialimamota@gmail.com

“A floresta é um organismo de bondade e benevolência infinitas que não faz qualquer exigência para seu sustento e espalha generosamente os frutos da sua atividade vital. Ela fornece proteção a todos os seres e oferece sombra até mesmo àqueles que a destroem.”

Buda

“Quando uma árvore é cortada ela renasce em outro lugar. Quando eu morrer quero ir para esse lugar, onde as árvores vivem em paz”.

Tom Jobim

Dedico à Fátima Mírian de Lima Mota,
a mulher mais forte e determinada que conheço, minha amada mãe!

*“Ando devagar porque já tive pressa
E levo esse sorriso porque já chorei demais,
Hoje me sinto mais forte, mais feliz, quem sabe?
Só levo a certeza de que muito pouco eu sei
Nada sei...”*

*Penso que cumprir a vida seja simplesmente
Compreender a marcha e ir tocando em frente,
Como um velho boiadeiro levando a boiada
Eu vou tocando os dias pela longa estrada eu vou
Estrada eu sou...”*

*Todo mundo ama um dia todo mundo chora
Um dia a gente chega, no outro vai embora,
Cada um de nós compõe a sua história
Cada ser carrega em si o dom de ser capaz
De ser feliz...”*

*Conhecer as manhas e as manhãs,
O sabor das massas e das maçãs,
É preciso amor pra poder pulsar,
É preciso paz pra poder sorrir,
É preciso chuva para florir...”*

Almir Sater e Renato Teixeira

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. José Roberto Rodrigues Pinto por sua maravilhosa orientação, sempre próximo e atencioso. Sou grata por seus conselhos, suas críticas construtivas, seu respeito e amizade. Estendo meus agradecimentos à Monalysa, por sua gentileza e cuidado, sempre disponível a ajudar.

Ao Prof. Dr. Henrique Augusto Mews pela co-orientação, mas principalmente pela amizade. Agradeço a você e a Keila pela maravilhosa acolhida em Nova Xavantina, pelo apoio, pelas conversas e pelo carinho em um momento difícil desta caminhada.

Às Profas. Dras. Cássia Beatriz Rodrigues Munhoz e Cláudia Maria Jacobi, pelas correções e valiosas contribuições no meu projeto e exame de qualificação.

Aos Profs. Drs Eddie Lenza de Oliveira, Evandro Luiz Mendonça Machado, Ricardo Oliveira Gaspar e ao pesquisador Dr. Bruno Machado Teles Walter por sua valiosas correções e sugestões para melhoria desta tese.

À José Roberto R. Pinto, Bárbara O. Bomfim, Dayana T. Loiola, Felipe O. de Palma, Glendo H. C. Oliveira, Helena L. Lemos, Henrique A. Mews, Milton S. de Meira Junior e Thiago A. L. Abreu pela valiosa contribuição nas coletas de dados em campo.

Aos atenciosos: José Roberto. R. Pinto, Manoel C. da Silva Júnior, Bruno M. T. Walter, Carolyn E. B. Proença, Jair E. Q. de Faria Júnior, Lucia H. S. e Silva, Cássia B. R. Munhoz, Ricardo Haidar, Milton S. de Meira Junior e Daniel Chaves pelo auxílio nas identificações botânicas.

À Nadjarriny Winck Lúcio e Prof. Dr. Eddie Lenza de Oliveira pela ajuda com a classificação das espécies quanto à síndrome de dispersão.

À Denis S. Nogueira, Henrique A. Mews e Milton S. de Meira Junior pela contribuição com as análises numéricas e o programa R.

Ao Prof. Dr. Eraldo A. T. Matricardi pelo auxílio na obtenção das variáveis climáticas e de micro-relevo.

À Camila Lopes pela construção e edições da figura de localização das áreas de estudo na Cadeia do Espinhaço.

À todos os professores, funcionários e colegas do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, pelos conhecimentos compartilhados nas disciplinas, ajuda com as questões burocráticas e pela feliz convivência.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos e ao povo brasileiro, que, com seus impostos, financiou meus estudos nas instituições públicas de ensino.

Às pessoas queridas que tornaram meus dias em Brasília mais alegres: Tang, Tita, Henrique, Lamartine, Ludo, Glauce, Gileno, Pedro e Márcia, por nossas conversas e comemorações.

Às minhas amadas amigas: Josi, Pamela e Tassi. Por ser fonte inesgotável de confiança e alegria! Estendo minha gratidão à Piaba, Carlos e João Paulo, por cuidarem dessas meninas lindas e também por participar dos momentos importantes da minha vida em Brasília. Às eternas amigas Aline, Ednilde e Marília, por estarem presentes mesmo à distância.

Às pessoas queridas do grupo Cachu: Cris, Ieda, Maris, Tassi e Jú. Vocês me salvaram no momento do naufrágio!

À família maravilhosa que me adotou Lydiá, Beto, Guilherme e Marina. Vocês possibilitaram a minha chegada e permanência em Brasília e encheram minha vida de amor, carinho e felicidade. Gratidão eterna por tudo!

À toda minha enorme família, todos os tios e tias, primos e primas, pela convivência inspiradora e feliz. Em especial à Gabi, por seu exemplo de força, coragem e alegria!

Aos meus amados Cláudia e Francisco, grandes amigos e mentores. Por sua profunda atenção e paciência e por me mostrarem um caminho possível, leve e feliz para a espiritualidade.

Ao meu amor, Milton Serpa de Meira Junior, por ser grande incentivador do meu trabalho, pela companhia, cuidado, carinho, dedicação e amor e por todas as divergências de ideias, pelas críticas construtivas e pelas ricas discussões que me diversificaram e enriqueceram como pessoa.

Aos meus pais Fátima e Walter e meus irmãos Luiz Gustavo, José Walter e Carlos Humberto, por seu apoio, incentivo e amor. Gratidão por tudo e sempre! Estendo meus agradecimentos à Jussilene e Pedro Henrique, Juliana e Jeane, por trazer vida e alegria para nossa família. Amo muito todos vocês!

Sou grata a Deus, que está presente e preenche tudo. Por poder saber e experimentar sua presença em todas estas pessoas e em toda a natureza maravilhosa que foi alvo do meu trabalho. “Pois, em tudo que há, Ele é!”



RESUMO

VEGETAÇÃO ARBUSTIVO-ARBÓREA EM ÁREAS DE CERRADO RUPESTRE NA CADEIA DO ESPINHAÇO

Autor: Sílvia da Luz Lima Mota

Orientador: José Roberto Rodrigues Pinto

Coorientador: Henrique Augusto Mews

Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais

Brasília, 17 de Março de 2016

O objetivo deste trabalho foi estudar a composição, diversidade e distribuição da vegetação arbustivo-arbórea do Cerrado Rupestre na Cadeia do Espinhaço. O primeiro capítulo é descritivo e nele apresentamos as características do ambiente e a composição florística, no segundo avaliamos a riqueza e diversidade florística e no terceiro investigamos a relação da flora arbustivo-arbórea com os preditores espaço e ambiente. Mostramos que os solos têm pequenas quantidades de nutrientes, são arenosos, ácidos e com elevados teores de alumínio. As quatro áreas ao longo da Cadeia têm relevo irregular, grande porcentagem de rochas expostas, temperaturas baixas no inverno e amenas nas demais estações, precipitação elevada e concentrada no verão. A vegetação arbustivo-arbórea do Cerrado Rupestre na Cadeia do Espinhaço apresenta composição florística típica do bioma Cerrado, com destaque para as espécies das famílias Velloziaceae, Asteraceae, Fabaceae, Vochysiaceae e Melastomataceae. A maior parte das espécies são zoocóricas e a minoria autocóricas; no entanto, considerando o número de indivíduos, as autocóricas apresentam as maiores populações e zoocóricas as menores. Já as espécies anemocóricas têm número intermediário tanto de indivíduos como de espécies. A diversidade e a composição de espécies variam ao longo da Cadeia do Espinhaço, confirmando a grande diversidade beta atribuída à esta região. A heterogeneidade ambiental e a proximidade com o centro do bioma Cerrado favorecem a manutenção de elevada riqueza, ao passo que o isolamento geográfico promove diferenciação na composição florística ao longo da Cadeia. Os preditores espaço e ambiente são significativos na distribuição das espécies, mas o espaço é mais importante, entretanto, é a interação entre eles que parece determinar a composição florístico-estrutural da vegetação. Estes preditores não atuam da mesma forma sobre todas as espécies, portanto, analisamos a comunidade por guildas de dispersão, para que o entendimento da atuação do espaço e do ambiente sobre a vegetação arbustivo-arbórea na Cadeia do Espinhaço seja mais consistente e esclarecedor.

Palavras-chave: Biodiversidade, Fitogeografia, Dispersão, Filtro Ambiental e Espacial.

ABSTRACT

VEGETATION SHRUBS-TREES IN ROCKY SOIL SAVANNA AREAS IN ESPINHAÇO RANGE

Author: Sílvia da Luz Lima Mota

Supervisor: José Roberto Rodrigues Pinto

Co Supervisor: Henrique Augusto Mews

Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais

Brasília, March 17, 2016

We objective was to study the composition, diversity and distribution of shrub-tree vegetation of the Rock Soil Savanna in Espinhaço Range. The first chapter is descriptive and in this presented environment characteristics and floristic composition, the second evaluated floristic richness and diversity and third investigated the relationship of shrub-tree flora with space and environment predictors. We show that soils have small amounts of nutrients are sandy, acidic and high aluminum content. All four arenas along range have irregular relief, large percentage of exposed rocks, low temperatures in winter and mild in the other seasons, and high rainfall concentrated in the summer. The shrub-tree vegetation of the rock soil Savanna in Espinhaço Range presents typical floristic composition of the Savanna biome, especially species of botanic family Velloziaceae, Asteraceae, Fabaceae, Vochysiaceae and Melastomataceae. The majority of species are zoochoric and autochorous are minority, however, considering the number of individuals, autochorous have the largest populations and zoochoric smaller. And anemochoric species have intermediate numbers of both individuals and species. The diversity and species composition vary along the Espinhaço Range, confirming the large beta diversity attributed to this region. Environmental heterogeneity and the proximity to the Cerrado biome center favor maintenance of high richness, while the geographical isolation promotes differentiation in floristic composition along range. Space and environment predictors are significant in the distribution of species, but the space is more important, however is the interaction between them that seems to determine the floristic-structural composition of vegetation. These predictors not also acting all species, so we analyze the community for dispersal guilds, so the understanding of the performance space and the environment on the shrub and tree vegetation in the Espinhaço Range more consistent and enlightened.

Key words: Biodiversity. Phytogeography. Dispersal. Environmental and Spatial Filter.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	1
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
CARACTERIZAÇÃO DO CERRADO E SEU ESTADO DE CONSERVAÇÃO	2
PROPRIEDADES E SUBDIVISÕES DO CERRADO SENTIDO RESTRITO	3
AMBIENTES RUPESTRES OU RUPÍCOLAS E O CERRADO RUPESTRE.....	4
PECULIARIDADES DA CADEIA DO ESPINHAÇO	6
ÁREAS DE ESTUDO	7
Chapada Diamantina (CD).....	7
Grão-Mogol (GM).....	8
Sempre Vivas (SV).....	8
Serra do Cipó (SC).....	9
1. O CERRADO RUPESTRE NA CADEIA DO ESPINHAÇO: AMBIENTE E FLORA .	10
1.1. INTRODUÇÃO	10
1.2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
1.2.1. Localização das áreas de estudo	12
1.2.2. Obtenção das variáveis ambientais.....	12
1.2.3. Amostragem da vegetação arbustivo-arbórea.....	14
1.2.4. Análises dos dados	14
1.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
1.3.1 Características dos solos	15
1.3.2 Micro-relevo e cobertura de rochas.....	16
1.3.3 Características do clima	17
1.3.4 Características da vegetação.....	18
1.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
ANEXO FOTOGRÁFICO	27
2. A RIQUEZA E DIVERSIDADE DA FLORA ARBUSTIVO-ARBÓREA DO CERRADO RUPESTRE NA CADEIA DO ESPINHAÇO SÃO MAIS ELEVADAS NAS ÁREAS DE ECÓTONOS?.....	32
2.1 INTRODUÇÃO	32
2.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	34
2.2.1 Localização das áreas de estudo	34
2.2.2 Amostragem da vegetação arbustivo-arbórea.....	34
2.2.3 Obtenção das variáveis ambientais.....	34

2.2.4	Análise dos dados	34
2.3	RESULTADOS	35
2.4	DISCUSSÃO	38
2.5	CONCLUSÃO	41
3.	OS PREDITORES ESPAÇO E AMBIENTE NÃO ATUAM IGUALMENTE SOBRE AS ESPÉCIES ARBUSTIVO-ARBÓREAS DO CERRADO RUPESTRE NA CADEIA DO ESPINHAÇO.....	42
3.1.	INTRODUÇÃO	42
3.2.	MATERIAIS E MÉTODOS	44
3.2.1.	Localização das áreas de estudo	44
3.2.2.	Amostragem da vegetação arbustivo-arbórea.....	44
3.2.3.	Obtenção das variáveis ambientais.....	44
3.2.4.	Análise dos dados	44
3.3.	RESULTADOS	45
3.4.	DISCUSSÃO	51
3.5.	CONCLUSÃO	53
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1 Localização do centro das áreas de estudo (ponto ●) ao longo da Cadeia do Espinhaço (delimitação tracejada ----) nos estados de Minas Gerais e Bahia. Mapa: Camila Lopes. 12
- Figura 1.2 Curvas de rarefação com base nas espécies amostradas (linha preta) e no estimador Jackknife I (linha cinza), com seus intervalos de confiança (linhas pontilhadas) nas áreas de Cerrado Rupestre em: (CD) Chapada Diamantina - BA, (GM) Grão-Mogol - MG, (SV) Sempre Vivas - MG e (SC) Serra do Cipó – MG na Cadeia do Espinhaço. 18
- Figura 2.1 Curvas de rarefação da riqueza de espécies arbustivo-arbóreas em áreas de Cerrado Rupestre na Cadeia do Espinhaço. Chapada Diamantina (CD), Grão-Mogol (GM), Sempre-Vivas (SV) e Serra do Cipó (SC). As linhas pontilhadas são os desvios padrão 36
- Figura 2.2 Perfis de Diversidade de espécies arbustivo-arbóreas em áreas de Cerrado Rupestre na Cadeia do Espinhaço. Chapada Diamantina (CD), Grão-Mogol (GM), Sempre-Vivas (SV) e Serra do Cipó (SC). As linhas pontilhadas são os desvios-padrão 36
- Figura 2.3 Ordenação florística (PCoA 1 (A)) e ambiental (PCoA 2 (B)) das unidades amostrais de Cerrado Rupestre avaliadas na Cadeia do Espinhaço. Chapada Diamantina (CD), Grão-Mogol (GM), Sempre-Vivas (SV) e Serra do Cipó (SC)..... 37
- Figura 2.4 Comparações florísticas e ambientais entre as áreas de Cerrado Rupestre na Cadeia do Espinhaço, pelo teste de Tukey a 5%. Chapada Diamantina (CD), Grão-Mogol (GM), Sempre-Vivas (SV) e Serra do Cipó (SC). O par de áreas que não cruza a linha pontilhada (nível de diferença entre as áreas) é considerado diferente 38
- Figura 3.1 Diagrama de ordenação (RDA) para a composição de espécies arbustivo-arbóreas das áreas de Cerrado Rupestre amostradas na Cadeia do Espinhaço. Chapada Diamantina (CD), Grão-Mogol (GM), Serra do Cipó (SC) e Sempre-Vivas (SV). PCNM = filtros espaciais 46
- Figura 3.2 Partição de variância das frações que explicam a variação na composição florística arbustivo-arbórea entre as áreas de Cerrado Rupestre, na Cadeia do Espinhaço 47
- Figura 3.3 Diagrama de ordenação (RDA_{zoo}) das unidades amostrais com as espécies zoocóricas das áreas de Cerrado Rupestre amostradas na Cadeia do Espinhaço e as variáveis significativas selecionadas pela RDA_{zoo} . Chapada Diamantina (CD), Grão-Mogol (GM), Serra do Cipó (SC) e Sempre-Vivas (SV), PCNM = filtros espaciais..... 47
- Figura 3.4 Ordenação Direta da substituição das espécies arbustivo-arbóreas zoocóricas e suas abundâncias nas áreas de Cerrado Rupestre ao longo da Cadeia do Espinhaço, em relação ao eixo 1 da RDA_{zoo} . Os nomes das espécies estão abreviados na figura, Ex: *Caseasylv* = *Casearia sylvestris*..... 48
- Figura 3.5 Diagrama de ordenação (RDA_{anemo}) das unidades amostrais com as espécies anemocóricas das áreas de Cerrado Rupestre amostradas na Cadeia do Espinhaço e as variáveis significativas selecionadas pela RDA_{anemo} . Chapada Diamantina (CD), Grão-Mogol (GM), Serra do Cipó (SC) e Sempre-Vivas (SV), PCNM = filtros espaciais..... 49

Figura 3.6 Ordenação Direta da substituição das espécies arbustivo-arbóreas anemocóricas e suas abundâncias nas áreas de Cerrado Rupestre ao longo da Cadeia do Espinhaço em relação ao eixo 1 da RDA _{anemo} . Os nomes das espécies estão abreviados na figura, Ex: Lychpass = <i>Lychnophora passerina</i>	49
Figura 3.7 Diagrama de ordenação (RDA _{auto}) das unidades amostrais com as espécies autocóricas das áreas de Cerrado Rupestre amostradas na Cadeia do Espinhaço e as variáveis significativas selecionadas pela RDA _{auto} . Chapada Diamantina (CD), Grão-Mogol (GM), Serra do Cipó (SC) e Sempre-Vivas (SV), PCNM = filtros espaciais.....	50
Figura 3.8 Ordenação Direta da substituição das espécies arbustivo-arbóreas autocóricas e suas abundâncias nas áreas de Cerrado Rupestre ao longo da Cadeia do Espinhaço, em relação ao eixo 1 da RDA. Os nomes das espécies estão abreviado na figura, Ex: Dimomll = <i>Dimorphandra mollis</i>	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 Propriedades químicas, texturais e matéria orgânica dos solos nas áreas de Cerrado Rupestre ao longo da Cadeia do Espinhaço. CD = Chapada Diamantina; GM = Grão-Mogol; SV = Sempre Vivas e SC = Serra do Cipó. Os valores apresentados são médias das dez unidades amostrais de cada área de estudo. As letras que acompanham os valores são resultado do teste Kruskal-Wallis ($p = 0,05$).....	16
Tabela 1.2 Características do micro-relevo nas áreas de Cerrado Rupestre ao longo da Cadeia do Espinhaço. CD = Chapada Diamantina; GM = Grão-Mogol; SV = Sempre Vivas e SC = Serra do Cipó. Rochas = porcentagem de área coberta por afloramentos de rocha. Os valores apresentados são médias das dez unidades amostrais de cada área de estudo. As letras que acompanham os valores são resultado do teste Kruskal-Wallis ($p = 0,05$).....	17
Tabela 1.3 Variáveis climáticas nas áreas de Cerrado Rupestre ao longo da Cadeia do Espinhaço. CD = Chapada Diamantina; GM = Grão-Mogol; SV = Sempre Vivas e SC = Serra do Cipó	17
Tabela 1.4 Lista das espécies arbustivo-arbóreas registradas ao longo da Cadeia do Espinhaço em áreas de Cerrado Rupestre. As famílias estão organizadas em ordem alfabética e as espécies estão acompanhadas de sua densidade (indivíduos. ha ⁻¹) em cada área e da classificação quanto à síndrome de dispersão de sementes. ZOO = zoocóricas; ANE = anemocóricas; AUT = autocóricas; CD = Chapada Diamantina; GM = Grão-Mogol; SC = Serra do Cipó e SV = Sempre Vivas	19
Tabela 3.1 Variáveis significativas e selecionadas pela RDA com todas as espécies arbustivo-arbóreas analisadas nas áreas de Cerrado Rupestre na Cadeia do Espinhaço	46

APRESENTAÇÃO

O Cerrado, segundo maior bioma da América Latina, forma um grande corredor de vegetação predominantemente savânica que separa a Floresta Amazônica da Atlântica (EITEN, 1972) e faz contato com outras formações vegetais abertas, como Pantanal, Caatinga e Chaco (RIBEIRO; WALTER, 2008). Além da localização central do bioma que o coloca em contato com às demais formações vegetais da América do Sul, o Cerrado apresenta grande heterogeneidade ambiental, com diversas cotas altitudinais, relevo irregular, vários tipos de solo, sazonalidade da precipitação e históricos diferenciados de fogo (FURLEY, 1999; OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 2002; FELFILI et al., 2004). Estudiosos deste bioma atribuem sua elevada biodiversidade a esta localização central, além da sua idade geológica e das mudanças climáticas ocorridas especialmente no Quaternário (OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 2002). Outra característica marcante do Cerrado, além da elevada riqueza e diversidade florística, é a vegetação naturalmente fragmentada em mosaicos fitofisionômicos de diferentes tamanhos entremeados pela paisagem antropizada (FELFILI; SILVA JÚNIOR, 1993; SILVA et al., 2006; FRANÇOSO, 2014).

Apesar da importância ecológica do Cerrado, mais da metade da área original do bioma Cerrado foi substituída por pastagens, culturas agrícolas e áreas urbanas (SANO et al., 2010). As características ambientais e o elevado grau de perturbação atraíram a atenção de muitos pesquisadores e conseqüentemente, muito já foi descoberto e confirmado sobre a vegetação do Cerrado. Porém, há desequilíbrio no número de estudos sobre cada fitofisionomia deste diversificado bioma. Muito se sabe sobre a vegetação associada aos cursos d'água e sobre as fitofisionomias que ocorrem em solo profundo, mas estudos sobre o Cerrado Rupestre, fitofisionomia savânica em solos mais rasos (*sensu* RIBEIRO; WALTER, 2008), são mais recentes e em número menor (PINTO et al., 2009), mas esse cenário vem mudando.

Na região central do Cerrado a dificuldade de acesso aos trechos de Cerrado Rupestre representa uma barreira para a utilização de seus recursos e remoção completa da sua vegetação, de modo que, ele encontra-se relativamente bem preservado e oferece boas áreas de estudo (MEWS et al., 2014). Infelizmente, nas regiões marginais do bioma, onde o Cerrado Rupestre ocorre sobre montanhas cujos afloramentos têm valor comercial (quartzos utilizados como pedras semi-preciosas, para revestimentos, decoração, etc.), como na Cadeia do Espinhaço (estados de Minas Gerais e Bahia), as atividades mineradoras estão destruindo esta fitofisionomia. Portanto, é urgente a necessidade de mais estudos sobre o Cerrado Rupestre,

sobretudo nas áreas marginais, onde as informações sobre as espécies lenhosas ainda são escassas.

A Cadeia do Espinhaço é um conjunto de montanhas que se estende da Serra da Jacobina, no centro da Bahia, até a Serra de Ouro Branco, no sul de Minas Gerais (KAMINO et al., 2008). O Espinhaço é formado principalmente por afloramentos de quartzito e abriga vegetação típica que se desenvolve nos solos rasos e pedregosos de origem recente ou em depósitos arenosos (KAMINO et al., 2008). O relevo é extremamente acidentado e o clima é característico das montanhas brasileiras, com diversos micro-climas influenciados pela altitude (ALVARES et al., 2013). As montanhas do Espinhaço funcionam como um grande ecótono, pois, alcançam três biomas brasileiros: Mata Atlântica (ao sul); Cerrado (no centro) e Caatinga (no norte) (HARLEY, 1995).

Esta cadeia de montanhas é considerada centro de endemismo de várias espécies (RAPINI et al., 2008; SILVEIRA et al., 2015). O Campo Rupestre, fitofisionomia dominante no Espinhaço, e cuja flora herbácea e subarborescente é abundantemente estudada, apresenta a maior taxa de espécies endêmicas da flora brasileira. A região é considerada de prioridade máxima para conservação (SILVA et al., 2004) com importância biológica especial e foi reconhecida como Reserva da Biosfera pela UNESCO em 2005 (UNESCO, 2016).

Deste modo, decidimos estudar nessa tese a vegetação arbustivo-arbórea do Cerrado Rupestre ao longo da Cadeia do Espinhaço e abordamos três temas (capítulos): No primeiro o objetivo foi descrever a composição da flora e as características do ambiente das áreas de estudo. Buscamos neste capítulo gerar informação sobre o Cerrado Rupestre na Cadeia do Espinhaço e colaborar com o conhecimento científico desta vegetação. No segundo capítulo estudamos a riqueza e diversidade da vegetação savânica ao longo da Cadeia. Por fim, no terceiro capítulo, investigamos a relação da vegetação arbustivo-arbórea com os preditores espaço e ambiente e discutimos sobre a fitogeografia do Cerrado Rupestre ao longo da Cadeia do Espinhaço.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

CARACTERIZAÇÃO DO CERRADO E SEU ESTADO DE CONSERVAÇÃO

O bioma Cerrado ocorre em 100% do Distrito Federal e ocupa área contínua em mais de 90% a mais de 50% dos Estados Goiás, Tocantins, Maranhão, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais respectivamente, porções significativas no Mato Grosso, Piauí, São Paulo e Bahia e 2% do Paraná (SANO et al., 2010), além de áreas disjuntas em meio a outros biomas

brasileiros e em países como Paraguai e Bolívia (EITEN, 1972; OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 2002).

É o segundo maior bioma brasileiro em extensão, originalmente ocupava 22% do território, com altitudes que variam de 300 a 1.600 metros (RIBEIRO; WALTER, 2008). Esta grande amplitude espacial e altitudinal colaboram com a elevada heterogeneidade ambiental existente no bioma (FELFILI et al., 2004) e é apontada como geradora e mantenedora da elevada biodiversidade registrada no Cerrado (RATTER et al., 2003). Esta alta diversidade biológica conta com mais de 12 mil espécies de plantas vasculares e 35% de endemismo (MENDONÇA et al., 2008), mas apenas 1/3 das espécies lenhosas do Cerrado têm distribuição ampla, sendo as demais restritas a determinados locais ou possuem baixa densidade de ocorrência (RATTER et al., 2003).

Apesar de ser um bioma extremamente diverso e com elevada importância biológica, mais da metade da área natural do Cerrado foi transformada principalmente em pastagens com gramíneas africanas e culturas agrícolas (KLINK; MACHADO, 2005), além das áreas urbanas. Em consequência, o bioma Cerrado apresentava em 2010 apenas 39,5% de sua área natural preservada (SANO et al., 2010) e caso não haja mudança no ritmo de exploração sua vegetação se restringirá às áreas de unidades de conservação, terras indígenas e regiões impróprias à agropecuária (MACHADO et al., 2004).

O bioma possui pequena fração da sua extensão protegida em unidades de conservação, 2,48% em unidades de proteção integral e 0,03% em unidades de uso sustentável (ARRUDA et al., 2008). Agravando esta situação, existe um desequilíbrio na distribuição das unidades de conservação do Cerrado entre suas diversas fitofisionomias (PINTO; SANO; et al., 2009), que se apresentam como fragmentos isolados e desconectados, comprometendo a proteção e manutenção da diversidade biológica em longo prazo (SILVA; BATES, 2002; ARRUDA et al., 2008). Portanto, o atual modelo de ocupação, associado à elevada riqueza, diversidade e alto grau de endemismo, classifica o Cerrado entre os *hotspots* com prioridade para a conservação da biodiversidade mundial (MITTERMEIER et al., 2005; WILLIAMS et al., 2011).

PROPRIEDADES E SUBDIVISÕES DO CERRADO SENTIDO RESTRITO

O bioma Cerrado é ocupado em sua maior parte (cerca de 70%) pela fisionomia Cerrado sentido restrito, que apresenta estratos arbóreo, arbustivo e herbáceo bem definidos e cobertura arbórea entre 10% e 60% (RIBEIRO; WALTER, 2008). Ocorre principalmente em Latossolos e Neossolos Quartzarênicos e em pequenas manchas de Neossolos Litólicos

(REATTO et al., 2008). Segundo Haridasan (2001), a maior parte dos solos do Cerrado sentido restrito são Latossolos distróficos, com alta saturação de alumínio. Assim, a composição florística, a cobertura de dossel, a densidade e a altura das plantas desta fitofisionomia variam de acordo com a profundidade, a fertilidade do solo e a presença de concreções (COLE, 1986; HARIDASAN, 2001).

A vegetação do Cerrado sentido restrito apresenta quatro subdivisões: Denso, Típico, Ralo e Rupestre (RIBEIRO; WALTER, 2008). Alguns autores usam Cerrado sentido restrito para todas estas fitofisionomias (WALTER, 2006), o que dificulta as comparações entre áreas (PINTO; LENZA; et al., 2009). Na classificação de Ribeiro e Walter (2008) elas são tratadas separadamente, embora tenham características em comum. Estas quatro fitofisionomias ocorrem sobre solos pobres em nutrientes e ácidos, com baixos teores de matéria orgânica (EITEN, 1992).

As fitofisionomias Denso, Típico e Ralo ocorrem sobre solos mais profundos e sua densidade lenhosa varia de acordo com as condições edáficas de acidez, fertilidade, drenagem e profundidade, além da frequência de queimadas e ações antrópicas (RIBEIRO; WALTER, 2008). Já a fitofisionomia Rupestre é reconhecida pelo substrato com presença de afloramentos de rocha, onde os indivíduos concentram-se nas fendas e apresentam densidade variável que depende do volume de solo, do grau de insolação e evaporação e da heterogeneidade topográfica (RIBEIRO; WALTER, 2008).

AMBIENTES RUPESTRES OU RUPÍCOLAS E O CERRADO RUPESTRE

Existem algumas divergências no uso do termo rupestre, o que resulta na maioria das vezes em generalizações do seu emprego (WALTER, 2006; PINTO; LENZA; et al., 2009). Os principais nomes relacionados aos ambientes rupestres são Campos de Altitude e Campos Rupestres. Campos de Altitude encontram-se associados a rochas ígneas e metamórficas, geralmente acima de 1.500 metros de altitude nas Serras do Mar e da Mantiqueira, inseridos na Mata Atlântica (CAIAFA; SILVA, 2005; VASCONCELOS, 2011). Já os Campos Rupestres ocorrem principalmente associados a quartzitos, arenitos e minérios de ferro (cangas), acima de 900 metros de altitude, inseridos principalmente no Cerrado e nas transições deste bioma com a Caatinga e a Mata Atlântica (EITEN, 1992; VASCONCELOS, 2011). Nos ambientes rupestres podem coexistir locais expostos a pleno sol, ventos e geadas, com solos rasos ou ausentes e locais abrigados, permanentemente sombreados e úmidos com maior acúmulo de água e sedimentos (MOURA, 2010) e esses microambientes afetam a composição e distribuição de espécies vegetais (CONCEIÇÃO; PIRANI, 2007).

Ambientes rupestres ou rupícolas ocorrem nos pontos mais altos das serras e cadeias de montanhas (BENITES et al., 2003) em todos os biomas. Nos ambientes rupestres do bioma Cerrado, predominam os Campos Rupestres e em menor proporção o Cerrado Rupestre e a Floresta Estacional Semidecidual. A fitofisionomia campestre ocorre principalmente ao longo da Cadeia do Espinhaço, Chapada do Veadeiros e Chapada dos Guimarães (GIULIETTI et al., 1987; BENITES et al., 2003; CAIAFA; SILVA, 2005; VASCONCELOS, 2011). No entanto, muitas vezes a vegetação denominada, nestes locais, como Campo Rupestre é na verdade uma formação savânica (PINTO; LENZA; et al., 2009) e é mais adequado classificá-la como Cerrado Rupestre (RIBEIRO; WALTER, 2008) para evitar equívocos nas informações sobre ambos.

Campo e Cerrado Rupestre apresentam algumas semelhanças, principalmente em relação ao substrato com afloramentos de rochas e a altitude. Porém, a generalização destas fitofisionomias em uma única denominação omite suas diferenças florísticas e estruturais, e o Cerrado Rupestre vêm sendo prejudicado neste contexto (PINTO; LENZA; et al., 2009). A dificuldade de acesso a estas áreas representa uma barreira para a utilização de seus recursos e a remoção completa da sua vegetação. Assim, encontram-se relativamente bem preservados e oferecem refúgio para a flora nativa (OLIVEIRA; GODOY, 2007). Portanto, constituem boa fonte de estudos ecológicos e fitogeográficos para fins conservacionistas (CONCEIÇÃO et al., 2007).

Os solos onde ocorre o Cerrado Rupestre são classificados como Neossolos Litólicos (REATTO et al., 2008). De acordo com esses autores, geralmente, são caracterizados como pobres em nutrientes, ácidos e com baixos teores de matéria orgânica derivados da decomposição de arenitos e quartzitos. Em geral os solos estão sujeitos a fortes enxurradas, períodos de alagamento durante a estação chuvosa e forte déficit hídrico na estação seca (OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 2002; REATTO et al., 2008). Os solos Litólicos do Cerrado Rupestre são rasos e por isso a penetração do sistema radicular das plantas é dificultada, sendo que o estabelecimento de plantas arbóreas nestes solos ocorre apenas quando estas encontram fendas entre as rochas (REATTO et al., 2008). Desta forma, o substrato rochoso pode exercer pressão seletiva no estabelecimento e desenvolvimento das espécies (BENITES et al., 2003; FELFILI; FAGG, 2007; SANTOS; PINTO; LENZA; et al., 2012).

Considerando que grande parte da vegetação nativa, bem preservada do bioma Cerrado, está na fitofisionomia Cerrado Rupestre (MACHADO et al., 2004), é urgente a necessidade de estudos sobre esta vegetação. Diversos autores, estudando a vegetação arbustivo-arbórea do Cerrado Rupestre, afirmam que sua vegetação é semelhante às demais

fitofisionomias do Cerrado sentido restrito e apresentam alta riqueza e diversidade (PINTO; LENZA; et al., 2009; LIMA et al., 2010; MOURA et al., 2010; LENZA et al., 2011; ABREU et al., 2012; SANTOS; PINTO; LENZA, 2012; SANTOS; PINTO; LENZA; et al., 2012; MEWS et al., 2014). Estes autores verificaram que a densidade populacional depende do volume de solo, que a vegetação apresenta algumas espécies exclusivas e é enriquecida por espécies das formações florestais do Cerrado. Contudo, informações sobre a vegetação arbustivo-arbórea do Cerrado Rupestre na Cadeia do Espinhaço ainda são escassas, embora sejam importantes para a compreensão do bioma como um todo.

PECULIARIDADES DA CADEIA DO ESPINHAÇO

A Cadeia do Espinhaço é um conjunto antigo de montanhas provavelmente originadas no Paleo-Mesoproterozóico (2,5–1,0 bilhões de anos atrás). Este acidente geográfico se estende por mais de mil quilômetros no sentido norte-sul, com seu limite setentrional na serra da Jacobina, na Bahia (10°00'S) e meridional na serra de Ouro Branco, em Minas Gerais (21°25'S), longitudinalmente varia entre 50 e 100 km entre as coordenadas (40°10' a 44°30'W) (KAMINO et al., 2008).

Esta complexa formação geológica possui afloramentos de quartzito com marcas deixadas pelos movimentos neotectônicos (PEREIRA et al., 2015) e abrigam vegetação típica que se desenvolve entremeada aos afloramentos rochosos em solos rasos e pedregosos de origem recente, ou em depósitos arenosos (KAMINO et al., 2008). Existe um rebaixamento e estreitamento, entre as partes meridional (Serra do Espinhaço) e setentrional (Chapada Diamantina) da Cadeia do Espinhaço, que gera relativo isolamento da mais ao norte da Cadeia (BÜNGER et al., 2014) e contribui com a diversificação das espécies vegetais.

O relevo é muito acidentado com altitudes médias entre 800 e 1.400 m, precipitação e temperatura médias anuais, entre 700 a 1.600 mm e 22 a 14°C do norte para o sul (ALVARES et al., 2013). De acordo com estes autores o clima é característico das montanhas brasileiras (sub-tropical da zona C), porém com diversos micro-climas (Cfb, Cwa e Cwb) influenciados pelas altitudes. A umidade relativa do ar é elevada, em média 75,6%, a temperatura do ar e o vento são muito inconstantes devido às características do relevo (NEVES et al., 2005).

A Cadeia de montanhas que forma o Espinhaço funciona como um ecótono, pois separa três grandes biomas brasileiros. O sul da Cadeia, em Minas Gerais, está na Mata Atlântica; o centro, também em Minas Gerais, encontra-se inserido no bioma Cerrado e a parte norte, na Bahia, onde é denominada Chapada Diamantina, está no domínio da Caatinga (HARLEY, 1995; BATALHA, 2011). É também importante divisora de águas de três bacias

hidrográficas nacionais: a bacia do Rio São Francisco, que corre para nordeste e as bacias dos Rios Jequitinhonha e Doce que fluem para leste e deságuam no Oceano Atlântico (GONTIJO, 2008; PEREIRA et al., 2015).

O Campo Rupestre, maior fisionomia encontrada na Cadeia do Espinhaço, apresenta a maior taxa de espécies endêmicas da flora brasileira, aproximadamente 30% das suas espécies são exclusivas da Cadeia do Espinhaço (GIULIETTI et al., 1987). Segundo Gontijo (2008) é a concentração de ecótonos na Cadeia que proporciona abundantes alternativas ecológicas, gerando grande biodiversidade biológica e endemismo para alguns táxons. Nos Campos Rupestres predominam as bromélias e sempre-vivas, 49% das bromélias são endêmicas à região do Espinhaço (VERSIEUX et al., 2008) e este é o centro de diversidade genética das sempre-vivas (COSTA et al., 1998).

As montanhas da Chapada Diamantina, porção baiana da Cadeia do Espinhaço, se destacam pelo elevado número de endemismo, riqueza e importância biológica (GIULIETTI et al., 1997) e a região é considerada de prioridade máxima para conservação (SILVA et al., 2004). No atlas da conservação da biodiversidade em Minas Gerais, a Serra do Espinhaço, porção mineira da Cadeia, também aparece como uma das áreas prioritárias de conservação, com importância biológica especial (DRUMMOND et al., 2005). Esta Serra foi reconhecida como Reserva da Biosfera em 27 de junho de 2005 (UNESCO, 2016). A Serra do Espinhaço é considerada uma das regiões mais ricas e diversas do mundo, com extensão territorial considerável e diversas espécies da fauna e flora endêmicas, além da importância para os recursos hídricos (PEREIRA et al., 2015). Porém, a Cadeia do Espinhaço prossegue ainda desconhecida em grande parte de sua extensão, pois cada canto de suas montanhas apresenta potencial de investigações mais profundas (DRUMMOND et al., 2005).

ÁREAS DE ESTUDO

Chapada Diamantina (CD)

Localizada na parte norte da Cadeia do Espinhaço, a região da Chapada Diamantina está no centro do Estado da Bahia (SEI, 2016). É formada por extensos planaltos e algumas serras, que são maciços de quartzito que resistiram à erosão iniciada no Pré - Cambriano e atingem 1.700 metros de altitude (FUNCH, 1997). Os solos encontrados na região são influenciados pela geomorfologia local, com extensas áreas cobertas por neossolos litólicos distróficos ou eutróficos, nas regiões montanhosas, o pediplano central é recoberto por latossolos, ao norte predominam cambissolos e existem pequenas áreas ao sul e ao leste onde predominam argissolos (ICMBio, 2007).

Tamando por referência o trabalho de Velloso et al. (2002) para toda a região da Chapada Diamantina, Machado (2005) caracterizou sua vegetação como um grande mosaico ecológico onde ocorrem variados tipos vegetacionais, desde campestres até florestais, principalmente sob o domínio do bioma Caatinga. Áreas de transição entre a Caatinga e o Cerrado são observadas em diversos locais; formações campestres de solos rasos, formações florestais e savânicas, áreas desprovidas de árvores com intensa cobertura de gramíneas e formações rupestres (Campos Rupestres e Cerrados Rupestres) que ocorrem sobre rochas expostas ou sobre litossolos, em geral próximo a 1000 m de altitude, mas que podem ocorrer em cotas menores (ICMBio, 2007).

Grão-Mogol (GM)

O Parque Estadual de Grão-Mogol está inserido no centro-sul do município de mesmo nome, localizado na Serra do Espinhaço, parte central-norte da Cadeia do Espinhaço, no extremo norte do Estado de Minas Gerais (IBGE, 2014). Do ponto de vista geológico, Grão-Mogol está na porção basal do Supergrupo Serra do Espinhaço, possui composição quartzítica e relevo com elevações bastante abruptas (CHAVES et al., 2006).

Os principais solos encontrados na região são cambissolo, latossolo vermelho-amarelo, latossolo vermelho-escuro, litossolo, podzólico vermelho-amarelo e podzólico vermelho-escuro (GEOMINAS, 1996). A maior parte dos solos é pobre em nutrientes, pouco produtivo e de difícil mecanização devido ao relevo acidentado (FONSECA; LESSA, 2010). Em Grão-Mogol ocorre uma transição entre o Cerrado e a Caatinga, onde o primeiro é representado por árvores como a lixeira, o pequiheiro e o pau-terra no e o segundo ocorre na fitofisionomia Caatinga Arbórea, como barrigudas, bromélias e cactáceas (FONSECA; LESSA, 2010). Encontra-se Campos e Cerrados Rupestres nas áreas de afloramentos rochosos mesclados aos litossolos e outras fitofisionomias de Cerrado (GEOMINAS, 1996).

Sempre Vivas (SV)

O Parque Nacional das Sempre Vivas está inserido na porção sul da Serra do Espinhaço, no centro-sul da Cadeia do Espinhaço e divide as bacias dos Rios Jequitinhonha e São Francisco no Estado de Minas Gerais (MONTEIRO, 2011).

Apresenta relevo marcado por cristas, escarpas e vales profundos, solos rasos e pobres em nutrientes, com rochas expostas (COSTA, 2008). Inserido na área de domínio do bioma Cerrado, o Parque das Sempre Vivas é composto por mosaico de fitofisionomias vegetais: Campos Limpos, Sujos e Rupestres, Matas de Galeria e de Encosta, Cerrado Típico e Cerrado Rupestre nas áreas de afloramentos rochosos (IBAMA, 2006).

As temperaturas mais elevadas acontecem no período de outubro a março, podendo atingir 35°C nos meses de dezembro a janeiro, enquanto as temperaturas mais baixas ocorrem de abril a setembro, atingindo até 4°C nos meses de junho a julho (NEVES et al., 2005).

Serra do Cipó (SC)

Localizada na porção meridional da Cadeia do Espinhaço, a Serra do Cipó divide as bacias do rio Doce, a leste e do rio São Francisco, a oeste, e limita dois importantes biomas, estabelecendo zona de transição entre o Cerrado a oeste e a Mata Atlântica a leste (ICMBIO, 2009). A Serra do Cipó é constituída predominantemente por rochas quartzíticas com (RIZZINI, 1997).

Os solos em geral são ácidos, pobres em matéria orgânica e nutrientes (BENITES et al., 2003). Nas partes mais altas existem afloramentos de rochas com solos litólicos de textura arenosa e solos mais férteis são encontrados em pequenas extensões correspondentes à áreas de drenagem em que se acumulam nutrientes e umidade (ICMBIO, 2009).

1. O CERRADO RUPESTRE NA CADEIA DO ESPINHAÇO: AMBIENTE E FLORA

1.1. INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado é formado por um complexo vegetacional e tem semelhanças ecológicas e fisionômicas com as savanas que ocorrem nos continentes africano e australiano (EITEN, 1972; COLE, 1986). No entanto, é a savana floristicamente mais rica do mundo (SILVA; BATES, 2002; WALTER, 2006), cuja flora vascular é representada por mais de 12 mil espécies e com elevados níveis de endemismo (MENDONÇA et al., 2008). A distribuição dessa flora é heterogênea, pois apenas 1/3 das espécies lenhosas têm distribuição ampla, sendo o restante restrito a determinados locais com baixas densidades populacionais (RATTER et al., 2003; FRANÇOSO et al., 2015).

A distribuição e abundância das espécies lenhosas são influenciadas pela latitude e longitude, clima, profundidade e qualidade nutricional dos solos e relevo (RATTER et al., 2003). No entanto, solo e relevo têm ainda maior influência nos padrões de diversidade florística (FELFILI et al., 2004). Além dos fatores mencionados, o contato com outros biomas, como Mata Atlântica, Amazônia, Caatinga, Pantanal e Chaco (OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 2002; FRANÇOSO et al., 2015), pode promover o enriquecimento das áreas de contato. Portanto, estes elementos devem ser considerados para melhor entendimento da vegetação deste bioma.

Apesar das características da flora e da complexidade de fatores que atuam sobre sua composição e distribuição, a vegetação nativa está sendo rapidamente modificada por ações antrópicas. Nas últimas décadas o avanço do agronegócio reduziu de forma acentuada a cobertura vegetal natural do Cerrado (SANO et al., 2010), alterando a paisagem e colocando em risco a flora e a fauna regional. Este cenário coloca o Cerrado como uma das áreas prioritárias para conservação mundial da biodiversidade (MITTERMEIER et al., 2005).

O complexo vegetacional do Cerrado é composto por formações florestais, savânicas e campestres que ocorrem sobre grande diversidade de substratos e ambientes (RIBEIRO; WALTER, 2008). Um dos substratos encontrados no bioma são os afloramentos de rochas, principalmente nos topos das cadeias de montanhas (BENITES et al., 2003), onde ocorrem o Campo e o Cerrado Rupestre.

Os ambientes onde o Cerrado Rupestre se encontra, são importante fonte de estudos ecológicos e biogeográficos para fins conservacionistas, pois abrigam informações importantes sobre o bioma (CONCEIÇÃO; PIRANI, 2007). Neste sentido, diversos estudos

vêm sendo desenvolvidos em áreas de Cerrado Rupestre (MOURA et al., 2007, 2010, 2011; PINTO; LENZA; et al., 2009; LIMA et al., 2010; GOMES et al., 2011; LENZA et al., 2011; MARACAHIPES et al., 2011; ABREU et al., 2012; SANTOS; PINTO; LENZA, 2012; SANTOS; PINTO; LENZA; et al., 2012; MEWS et al., 2014, 2016), principalmente no Brasil Central e alguns poucos na áreas periféricas do bioma. Entretanto, informações sobre esta fitofisionomia em áreas marginais do bioma, como na Cadeia do Espinhaço ainda são escassas.

A Cadeia do Espinhaço é a segunda mais longa formação de montanhas do Brasil e se estende por mais de mil quilômetros na direção norte-sul, com seu limite norte na Serra da Jacobina, na Bahia e sul na Serra do Ouro Branco, em Minas Gerais (KAMINO et al., 2008). Sua extensão longitudinal varia aproximadamente entre 50 e 100 km e constitui importante divisora de bacias hidrográficas (VIEIRA et al., 2005). Alguns de seus picos mais elevados possuem altitude superior a 2.000 metros, como é o caso do Pico do Itambé - MG, além dos altiplanos, acima de 1.000 metros (GONTIJO, 2008). Esta extensa e heterogênea região abriga elevada diversidade de fauna e flora.

A Cadeia do Espinhaço é formada por um mosaico vegetacional composto por Campos nos estratos superiores, Florestas Semidecíduas e Cerrado nos estratos intermediários e nas menores altitudes encontra-se formações florestais associadas a cursos d'água como Matas de Galeria e Ciliares (HARLEY, 1995; GIULIETTI et al., 1997). Observa-se ainda uma fitofisionomia particular, densa, de pequena estatura e monodominante, formada por espécies do gênero *Eremanthus* spp., localmente chamadas de Candeias e por isso esta formação é denominada Candéal (OLIVEIRA FILHO; FLUMINHAN FILHO, 1999).

Nas últimas décadas foram publicados muitos trabalhos sobre a vegetação da Cadeia do Espinhaço. A grande maioria trata da vegetação herbáceo-subarbusciva dos Campos Rupestres (ANDRADE et al., 1986; HARLEY; SIMMONS, 1986; GIULIETTI et al., 1987; ZAPPI et al., 2003; CONCEIÇÃO; PIRANI, 2005; RAPINI et al., 2008; MESSIAS et al., 2012; BELO et al., 2013; LONGHI-WAGNER; ARAUJO, 2014; ALVES et al., 2014). Outros estudos abordam uma única espécie, um gênero específico ou apenas uma família botânica (RANIERI et al., 2012; ANDRINO; COSTA, 2013; MOTA; WANDERLEY, 2013; SILVA; MARTINS, 2013; VIEIRA et al., 2014; BÜNGER et al., 2014; SAAVEDRA et al., 2014; MOURA; ROQUE, 2014; ANDRINO et al., 2015; MARQUES; NAKAJIMA, 2015). Entretanto, pouco se sabe sobre a ecologia, padrões de distribuição e composição da vegetação arbórea e arbustiva e sobre a diversidade do Cerrado Rupestre nesta região.

Caracterizar os solos, o micro-relevo e o clima das áreas de Cerrado Rupestre ao longo da Cadeia do Espinhaço, assim como apresentar a composição florística local, geram informações importantes sobre esta fitofisionomia pouco estudada na região. Portanto, nosso objetivo neste capítulo é apresentar as características da vegetação arbustivo-arbórea e do ambiente das quatro áreas de estudo.

1.2. MATERIAIS E MÉTODOS

1.2.1. Localização das áreas de estudo

Conduzimos o estudo em quatro áreas de Cerrado Rupestre, sobre afloramentos rochosos de quartzito, ao longo da Cadeia do Espinhaço (Figura 1.1): Chapada Diamantina localizada na região norte da Cadeia ($13^{\circ}12'38,8''\text{S}$ e $41^{\circ}45'33,4''\text{W}$); Grão-Mogol na região central ($16^{\circ}36'46,4''\text{S}$ e $42^{\circ}56'55,3''\text{W}$); Sempre Vivas na região central ($17^{\circ}47'20,4''\text{S}$ e $43^{\circ}38'20,4''\text{W}$) e Serra do Cipó na região sul ($19^{\circ}21'48,2''\text{S}$ e $43^{\circ}36'59,3''\text{W}$).

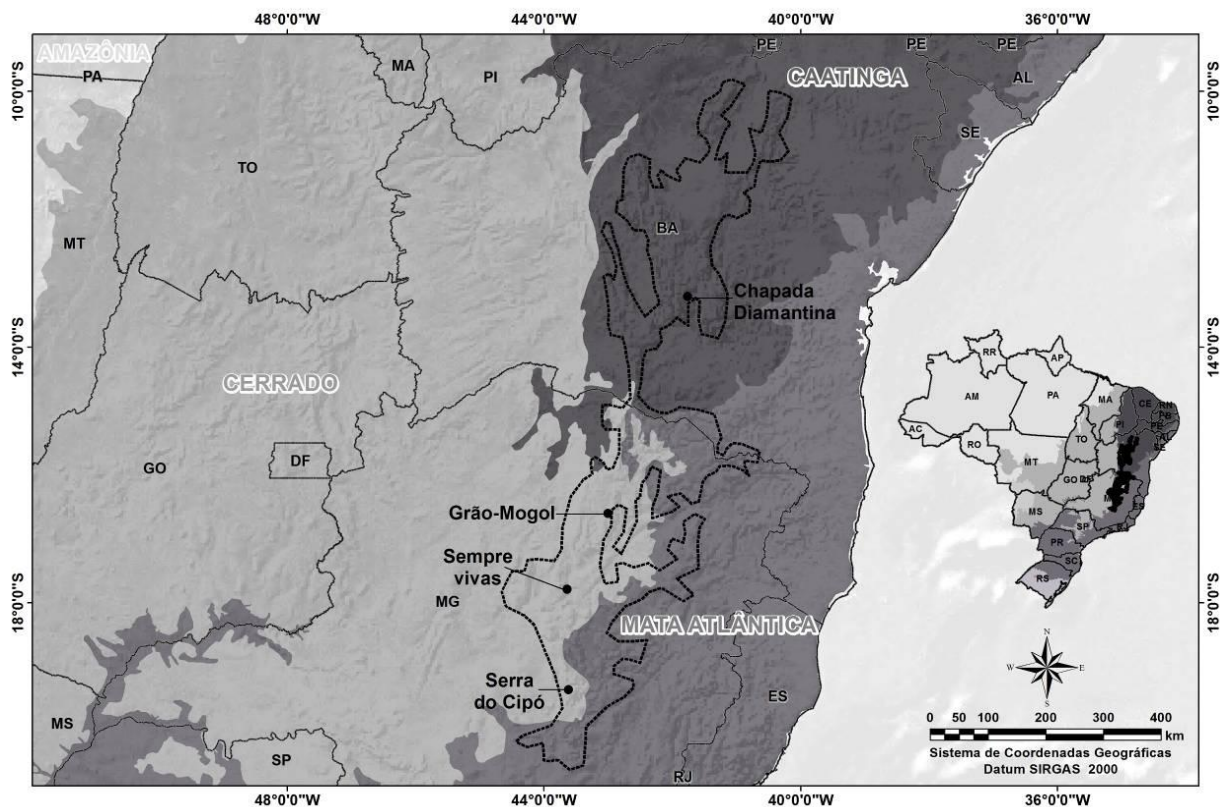


Figura 1.1 Localização do centro das áreas de estudo (ponto ●) ao longo da Cadeia do Espinhaço (delimitação tracejada ----) nos estados de Minas Gerais e Bahia. Mapa: Camila Lopes.

1.2.2. Obtenção das variáveis ambientais

Variáveis edáficas

Coletamos de forma aleatória três amostras simples de solo na camada mais superficial (0 a 20 cm de profundidade) em cada parcela, pois esta é a camada mais correlacionada com a

vegetação (RUGGIERO et al., 2002). Homogeneizamos as três amostras simples para obter uma amostra composta por parcela. Submetemos as amostras de solo à análise química e granulométrica de acordo com o protocolo da EMBRAPA (1997): teores de Ca, Mg, Al, K e acidez potencial (H+Al) em cmol/dm^3 ; teores disponíveis de S, Na, Zn, B, Cu, Fe, Mn e P(melich), em mg/dm^3 ; saturação por bases (SB), saturação por alumínio (Al), capacidade de troca de cátions (CTC); matéria orgânica (MO) em g/dm^3 , pH em (CaCl_2) e porcentagens de Areia, Silte e Argila.

Cobertura de rochas

Dividimos as parcelas de 20×50 m em 10 quadrantes de 10×10 m e atribuímos a cada um deles valores de 0 a 4, os quais representaram as seguintes classes de porcentagem de rochas expostas: 0 (sem rocha), 1 (1 a 25% de cobertura de rochas), 2 (26 a 50%), 3 (51 a 75%) e 4 (76 a 100%), adaptado da escala de valores de Braun-Blanquet (1979) e utilizado conforme Mota et al. (2014). Para as análises, utilizamos as médias das notas atribuídas para cada parcela de 20×50 m.

Variáveis do relevo

Elaboramos *buffers* de 50 metros de raio a partir das coordenadas de cada parcela com auxílio do *software* ArcGIS 10.1 (ESRI, 2012). A partir destes *buffers*, calculamos valores médios de altitude (em metros) e inclinação (em graus) para cada parcela, a partir do Modelo Digital de Elevação SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) que fornece resolução espacial de 90 m (FARR; KOBRICK, 2000).

Variáveis climáticas

Obtivemos para cada área de estudo, com auxílio do *software* ArcGIS 10.1 (ESRI, 2012), variáveis climáticas relacionadas à temperatura e precipitação, que organizadas em várias combinações geraram 19 variáveis bioclimáticas disponíveis na base de dados do *WorldClim* 1.4 (release 3). Esta base fornece informações da interpolação de dados observados entre os anos 1950 a 2000, com resolução de 1.000 m (HIJMANS et al., 2005). As variáveis: 1) Temperatura média anual; 2) Amplitude térmica diária; 3) Isotermalidade; 4) Estacionalidade de temperatura; 5) Temperatura máxima do mês mais quente; 6) Temperatura mínima do mês mais frio; 7) Amplitude térmica anual; 8) Temperatura média do trimestre mais úmido; 9) Temperatura média do trimestre mais seco; 10) Temperatura média do trimestre mais quente; 11) Temperatura média do trimestre mais frio; 12) Precipitação anual; 13) Precipitação do mês mais úmido; 14) Precipitação do mês mais seco; 15) Estacionalidade

de precipitação; 16) Precipitação do trimestre mais úmido; 17) Precipitação do trimestre mais seco; 18) Precipitação do trimestre mais quente; 19) Precipitação do trimestre mais frio.

1.2.3. Amostragem da vegetação arbustivo-arbórea

Instalamos 10 parcelas de 20 × 50 m com distanciamento mínimo de 100 m entre elas, totalizando 1 ha amostrado em cada área, conforme recomendado por Felfili et al. (2005). Amostramos e identificamos todos os indivíduos arbustivo-arbóreos com diâmetro a 0,30 m do solo ($Db_{30\text{ cm}} \geq 5\text{ cm}$) (FELFILI et al., 2005), incluindo monocotiledôneas.

Herborizamos o material botânico coletado em campo e em seguida realizamos a identificação taxonômica com auxílio de especialistas, consulta à literatura específica e o acervo dos herbários da Universidade de Brasília (UB) e da EMBRAPA CENARGEN (CEN). Atualizamos a lista de táxons a partir da Lista de Espécies da Flora do Brasil, disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>> (FORZZA, 2015) e os classificamos de acordo com APG III (*Angiosperm Phylogeny Group*) (APG III, 2009).

Classificamos as espécies quanto à sua síndrome de dispersão de sementes, segundo van der Pijl (1982). Este autor categorizou as espécies em: zoocórica (dispersa por animais), anemocórica (dispersa pelo vento) e autocórica (auto-dispersão). Consultamos literaturas específicas (MOTTA-JUNIOR; LOMBARDI, 2002; GOTTSBERGER; SILBERBAUER-GOTTSBERGER, 2006; GRESSLER et al., 2006; SILVA JÚNIOR, 2009, 2012; STEFANELLO et al., 2009; ISHARA; MAIMONI-RODELLA, 2011; JACOBI; CARMO, DO, 2011; LEÃO et al., 2011).

1.2.4. Análises dos dados

Realizamos teste Kruskal-Wallis (HOLLANDER; WOLFE, 1973) utilizando a função *kruskal.test()* do pacote *stats* (R CORE TEAM, 2015) para comparar as variáveis edáficas, micro-relevo e cobertura de rochas entre as áreas de estudo. Quando houveram diferenças entre as áreas, aplicamos um teste par a par *a posteriori* para comparar as medianas, utilizando a função *kruskalmc()* do pacote *pgirmess* (GIRAUDOUX, 2016). Realizamos as análises no programa *R* 3.2.1 (R CORE TEAM, 2015) com nível de significância de 5%.

Construímos curvas de rarefação de espécies, baseadas no número de indivíduos rarefeitos, com 1.000 aleatorizações das amostras e intervalo de confiança de 95% de probabilidade (GOTELLI; COLWELL, 2001) e comparamos a riqueza observada e a calculada pelo estimador *Jackknife* 1 (MAGURRAN, 2004). Este estimador de riqueza projeta o número total de espécies a partir da heterogeneidade das amostras (PALMER, 1991). Realizamos as análises no programa EstimateS 8.2 (COLWELL, 2008). Elaboramos a lista

florística com as espécies, gêneros e famílias botânicas registradas nas quatro áreas amostradas na Cadeia do Espinhaço.

1.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.3.1 Características dos solos

De modo geral, os solos amostrados nas áreas de Cerrado Rupestre na Cadeia do Espinhaço foram caracterizados como pobres em nutrientes, arenosos, ácidos e com elevados teores de alumínio (Tabela 1.1). Esse padrão é comum nos solos do Cerrado Rupestre (REATTO et al., 2008) e muito típico na Cadeia do Espinhaço (COSTA, 2008; FONSECA; LESSA, 2010). Contudo, estes conceitos de baixa fertilidade e toxidez por alumínio não devem ser aplicados à vegetação nativa de forma indiscriminada, pois são baseados em dados de plantios convencionais da agricultura (HARIDASAN, 2005, 2008) e estas características dos solos não são limitantes para o estabelecimento e desenvolvimento da maioria das espécies nativas do Cerrado (MEWS et al., 2011).

Apesar do padrão comum, cada região ao longo da Cadeia têm suas particularidades edáficas (Tabela 1.1). Observamos que a concentração de fósforo (P), sódio (Na) e argila aumenta no sentido norte da Cadeia. A parte setentrional da Cadeia possui solos com mais argilas (ZAPPI et al., 2003) e solos mais argilosos conseguem reter mais fósforo (LEAL; VELOSO, 1973; NOVAIS; SMYTH, 1999). A maior concentração de sódio pode ser tóxica para as plantas, além de prejudicar a estrutura física do solo, pois argilas com grande concentração de sódio expandem com mais facilidade, reduzindo a permeabilidade e a drenagem do solo (AMORIM et al., 2002; SMITH et al., 2009). Este fenômeno é mais comum no nordeste brasileiro (LOPES et al., 2008). No sentido sul, observamos aumento na concentração de matéria orgânica (MO), manganês (Mn) e ferro (Fe). A quantidade de matéria orgânica presente no solo é determinada por condições climáticas, principalmente temperatura e precipitação média anual (STEVENSON, 1982). Em climas frios e úmidos ocorre maior acúmulo de matéria orgânica, devido a menor atividade microbiana (KÄMPF; SCHWERTMANN, 1983; TATE, 1992). Paralelamente, sabemos que a retenção de ferro e manganês aumenta com a maior umidade (BINGHAM et al., 1976; BINGHAM, 1985) e a região sul da Cadeia do Espinhaço apresenta maiores níveis pluviométricos (ALVARES et al., 2013). A parte central da Cadeia, apresentou a maior concentração de alumínio (Al) e os menores valores de pH. Este resultado era esperado, pois o centro da Cadeia está inserido no bioma Cerrado, onde a toxidez por alumínio e elevada acidez do solo é bastante comum (HARIDASAN, 2001).

Tabela 1.1 Propriedades químicas, texturais e matéria orgânica dos solos nas áreas de Cerrado Rupestre ao longo da Cadeia do Espinhaço. CD = Chapada Diamantina; GM = Grão-Mogol; SV = Sempre Vivas e SC = Serra do Cipó. Os valores apresentados são médias das dez unidades amostrais de cada área de estudo. As letras que acompanham os valores são resultado do teste Kruskal-Wallis ($p = 0,05$)

Variáveis	CD	GM	SV	SC
Ca (cmol _c /dm ³)	0,21 a	0,43 a	0,85 a	0,35 a
Mg (cmol _c /dm ³)	0,11 a	0,18 a	0,19 a	0,18 a
Al (cmol _c /dm ³)	1,16 b	1,89 a	2,46 a	1,22 b
K (cmol/dm ³)	0,14 a	0,07 b	0,13 a	0,11 ab
S (mg/dm ³)	8,23 a	10,63 a	5,95 ab	3,23 b
Na (mg/dm ³)	14,3 a	4,40 b	4,10 b	3,60 b
Zn (mg/dm ³)	0,29 c	2,40 a	0,99 b	0,71 b
B (mg/dm ³)	0,26 a	0,30 a	0,16 b	0,22 ab
Cu (mg/dm ³)	0,53 a	0,21 b	0,30 ab	0,30 ab
Fe (mg/dm ³)	75,20 b	73,46 b	145,00 a	106,27 a
Mn (mg/dm ³)	4,34 b	3,97 b	13,45 a	11,18 a
P melich (mg/dm ³)	5,52 a	5,02 a	3,67 b	3,59 b
SB (mg/dm ³)	6,9 a	10,92 a	4,16 b	6,97 a
CTC (g/dm ³)	7,90 b	8,00 b	22,45 a	9,32 b
pH (CaCl ₂)	3,78 a	3,32 b	3,34 b	3,67 a
MO (g/dm ³)	21,1 b	45,4 b	90,0 a	68,8 a
Areia (%)	82,7 b	87,1 a	88,0 a	89,0 a
Argila (%)	12,5 a	9,1 b	8,0 b	7,4 b

1.3.2 Micro-relevo e cobertura de rochas

Todas as áreas amostradas na Cadeia do Espinhaço situaram-se em elevadas altitudes, relevo irregular e grande cobertura de rochas expostas (Tabela 1.2), característica comum desta Cadeia de montanhas (COSTA, 2005). Observamos um gradiente de altitude, onde a Chapada Diamantina está em um extremo mais alto e Grão-Mogol no mais baixo e gradiente de declividade, onde Grão-Mogol têm a maior declividade e Sempre Vivas a menor entre as unidades amostrais. Com menor altitude e maior inclinação das unidades amostrais, Grão-Mogol está em uma região bastante peculiar, onde se inicia a depressão e estreitamento entre os dois blocos que compõem a Cadeia do Espinhaço (BÜNGER et al., 2014). Com relação à porcentagem de rochas expostas, todas as áreas apresentaram grande cobertura de rochas (acima de 76%), substrato típico do Cerrado Rupestre (RIBEIRO; WALTER, 2008), o que evidencia que nestas áreas as plantas têm pouca oferta de solo para se desenvolver, mas existem muitas frestas e concavidades, que parece gerar alternativas de estabelecimento às mesmas, aumentando a oferta de micro-habitats.

Tabela 1.2 Características do micro-relevo nas áreas de Cerrado Rupestre ao longo da Cadeia do Espinhaço. CD = Chapada Diamantina; GM = Grão-Mogol; SV = Sempre Vivas e SC = Serra do Cipó. Rochas = porcentagem de área coberta por afloramentos de rocha. Os valores apresentados são médias das dez unidades amostrais de cada área de estudo. As letras que acompanham os valores são resultado do teste Kruskal-Wallis ($p = 0,05$)

Áreas	Altitude (metros)		Declividade (graus)		Rochas (%)	
	média	desvio padrão	média	desvio padrão	média	desvio padrão
CD	1.149,7 a	11,2	8,8 ab	2,3	82,3 a	15,2
GM	758,8 c	27,9	9,6 a	3,5	76,5 a	17,3
SV	1.066,7 ab	2,11	5,3 b	2,5	79,5 a	23,4
SC	937,8 bc	48,2	8,1 ab	3,9	76,0 a	17,5

1.3.3 Características do clima

Todas as áreas avaliadas ao longo da Cadeia do Espinhaço apresentaram temperaturas amenas durante todo o ano e baixas no inverno e precipitação média anual elevada, com grande concentração das chuvas no verão (Tabela 1.3). As configurações do relevo e a elevada altitude geram micro-climas que padronizam estas características para toda a Cadeia (FONSECA; LESSA, 2010). Destacamos Chapada Diamantina com as menores temperaturas durante o ano, no mês e no trimestre mais quente, provavelmente, consequência de sua maior altitude. Já Serra do Cipó apresenta menores temperaturas no mês e trimestre mais frios, possivelmente por estar na parte mais ao sul da Cadeia, onde as temperaturas são normalmente mais baixas no inverno (ALVARES et al., 2013). Chamamos a atenção para Serra do Cipó, com precipitação média anual aproximadamente 500 milímetros a mais que as outras áreas. A região sul da Cadeia está inserida no domínio da Mata Atlântica, onde a precipitação é naturalmente mais elevada (ALVARES et al., 2013).

Tabela 1.3 Variáveis climáticas nas áreas de Cerrado Rupestre ao longo da Cadeia do Espinhaço. CD = Chapada Diamantina; GM = Grão-Mogol; SV = Sempre Vivas e SC = Serra do Cipó

Variáveis	Áreas			
	CD	GM	SV	SC
Temperatura média anual (C°)	19,95	21,45	22,00	20,45
Temperatura máxima do mês mais quente (C°)	28,15	29,75	30,20	28,60
Temperatura máxima do mês mais frio (C°)	11,35	11,55	12,05	10,35
Temperatura média do trimestre mais quente (C°)	20,95	23,15	23,85	22,45
Temperatura média do trimestre mais frio (C°)	18,15	18,90	19,35	17,80
Precipitação média anual (mm)	1.157,50	966,50	993,00	1.499,00
Precipitação do trimestre mais quente (mm)	390,50	384,50	473,00	601,00
Precipitação do trimestre mais frio (mm)	94,00	18,50	31,00	48,00

1.3.4 Características da vegetação

Consideramos que a riqueza florística das espécies arbustivo-arbóreas foi bem representada, pois em todas as áreas foram registrados mais de 72% do número potencial de espécies estimado pelo índice Jackknife I. Na Chapada Diamantina amostramos 35 espécies, o que corresponde a 75% da riqueza estimada (47 espécies); em Grão-Mogol 65 espécies, 75% do estimado (87 espécies); em Sempre Vivas 95 espécies, 72% do estimado (132 espécies) e na Serra do Cipó 50 espécies observadas, 81% do total estimado por Jackknife I (62 espécies). As curvas de rarefação apresentam potencial de crescimento, ou seja, ainda podem captar mais espécies estimadas por Jackknife I, no entanto, considerando os intervalos de confiança, a riqueza de espécies de cada área foi atingida nas amostragens (Figura 1.2).

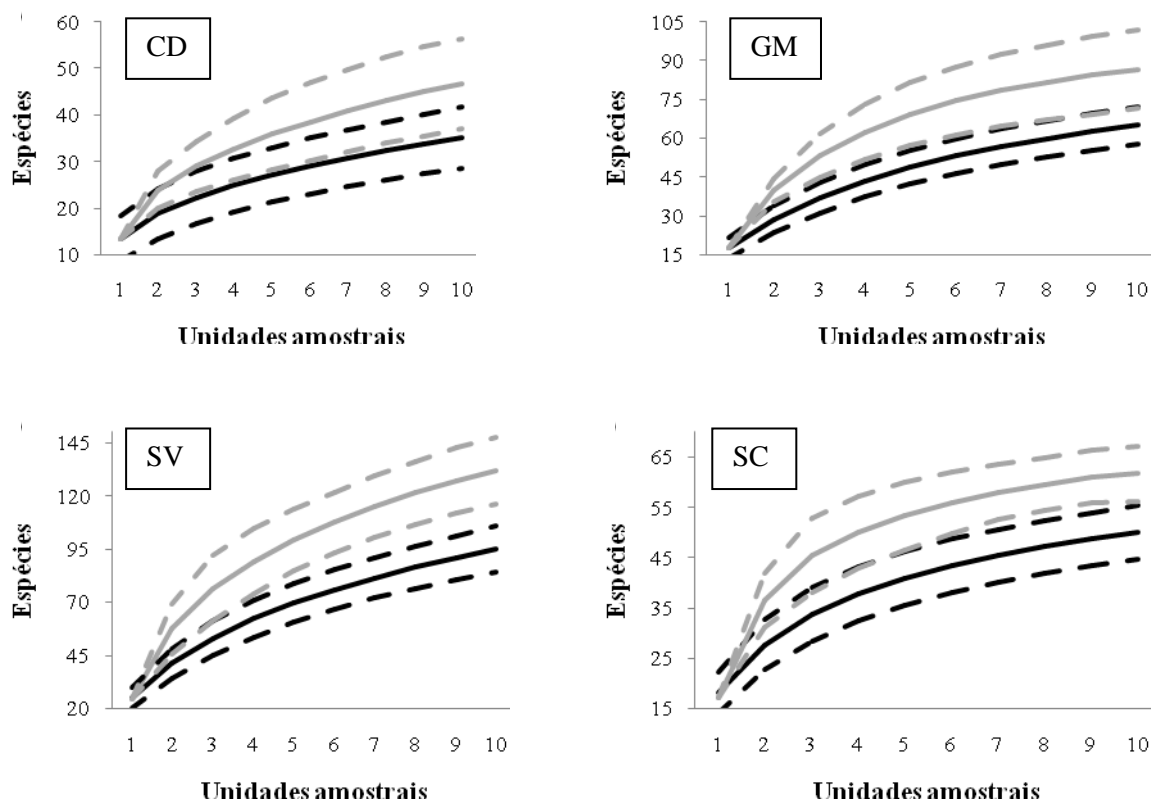


Figura 1.2 Curvas de rarefação com base nas espécies amostradas (linha preta) e no estimador Jackknife I (linha cinza), com seus intervalos de confiança (linhas pontilhadas) nas áreas de Cerrado Rupestre em: (CD) Chapada Diamantina - BA, (GM) Grão-Mogol - MG, (SV) Sempre Vivas - MG e (SC) Serra do Cipó - MG na Cadeia do Espinhaço.

Registramos 4.746 indivíduos arbustivo-arbóreos nas quatro áreas amostradas ao longo da Cadeia do Espinhaço. Destes 644 foram amostrados na Chapada Diamantina (CD), 1.223 em Grão-Mogol (GM), 889 em Sempre Vivas (SV) e 1.990 na Serra do Cipó (SC). No total identificamos 154 espécies e morfoespécies distribuídas em 98 gêneros e 47 famílias.

Dezesseis morfoespécies foram identificadas em nível de gênero e três morfoespécies em nível de família (Tabela 1.4).

Tabela 1.4 Lista das espécies arbustivo-arbóreas registradas ao longo da Cadeia do Espinhaço em áreas de Cerrado Rupestre. As famílias estão organizadas em ordem alfabética e as espécies estão acompanhadas de sua densidade (indivíduos. ha⁻¹) em cada área e da classificação quanto à síndrome de dispersão de sementes. ZOO = zoocóricas; ANE = anemocóricas; AUT = autocóricas; CD = Chapada Diamantina; GM = Grão-Mogol; SC = Serra do Cipó e SV = Sempre Vivas

Família / Espécie	CD	GM	SV	SC	Dispersão
ANACARDIACEAE					
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.			3		ZOO
ANNONACEAE					
<i>Annona crassiflora</i> Mart.			1		ZOO
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.			35		ZOO
<i>Guateria</i> sp.		3			ZOO
APOCYNACEAE					
<i>Aspidosperma discolor</i> A.DC.	3				ANE
<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.		81	1		ANE
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.		3	12	36	ANE
<i>Hancornia speciosa</i> Gomes		9	10	13	ZOO
<i>Himatanthus obovatus</i> (Müll. Arg.) Woodson	14	4		3	ANE
AQUIFOLIACEAE					
<i>Ilex congesta</i> Reissek				7	ZOO
ARALIACEAE					
<i>Schefflera macrocarpa</i> (Cham. & Schltdl.) Frodin			1		ZOO
<i>Schefflera vinosa</i> (Cham. & Schltdl.) Frodin & Fiaschi	8			3	ZOO
ARECACEAE					
<i>Butia capitata</i> (Mart.) Becc.			32		ZOO
<i>Syagrus comosa</i> (Mart.) Mart.		2		34	ZOO
<i>Syagrus flexuosa</i> (Mart.) Becc.		1	4		ZOO
ASTERACEAE					
<i>Acritopappus longifolius</i> (Gardner) R.M.King & H.Rob.			2		ANE
<i>Eremanthus capitatus</i> (Spreng.) MacLeish	52				ANE
<i>Eremanthus elaeagnus</i> (Mart. ex DC.) Sch.Bip.		6		189	ANE
<i>Eremanthus erythropappus</i> (DC.) MacLeish	1		1		ANE
<i>Eremanthus glomerulatus</i> Less.			1		ANE
<i>Eremanthus incanus</i> (Less.) Less.		26	33		ANE
<i>Heterocoma</i> sp.		18			ANE
<i>Lychnophora passerina</i> (Mart. ex DC.) Gardner	1				ANE
<i>Lychnophora rupestris</i> Semir				51	ANE
<i>Pseudobrickellia angustissima</i> (Spreng. ex Baker) R.M.King & H.Rob.			2		ANE
<i>Wunderlichia cruelsiana</i> Taub.		154	14	86	ANE
BIGNONIACEAE					

Família / Espécie	CD	GM	SV	SC	Dispersão
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos		8	10	11	ANE
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose		5			ANE
CALOPHYLLACEAE					
<i>Kielmeyera apparicana</i> Saddi		10	8		ANE
<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.		15	1		ANE
<i>Kielmeyera lathrophyton</i> Saddi		1	18	68	ANE
<i>Kielmeyera rubriflora</i> Cambess.		8	31		ANE
CARYOCARACEAE					
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.			3	1	ZOO
CELASTRACEAE					
<i>Plenckia populnea</i> Reissek				21	ANE
<i>Salacia crassifolia</i> (Mart. ex Schult.) G.Don				1	ZOO
CHRYSOBALANACEAE					
<i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth.				6	ZOO
<i>Hirtella glandulosa</i> Spreng.		13	5		ZOO
CLUSIACEAE					
<i>Clusia weddelliana</i> Planch. & Triana	4				ZOO
COMBRETACEAE					
<i>Terminalia fagifolia</i> Mart.		32	14		ANE
DILLENACEAE					
<i>Davilla elliptica</i> A.St.-Hil.				24	ZOO
EBENACEAE					
<i>Diospyros sericea</i> A.DC.	4		9		ZOO
ERICACEAE					
<i>Agarista angustissima</i> Taub.				6	ANE
ERYTHROXILACEAE					
<i>Erythroxylum</i> sp.	14				ZOO
<i>Erythroxylum campestre</i> A.St.-Hil.				16	ZOO
<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.			9	35	ZOO
<i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.		1		1	ZOO
<i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart.			1		ZOO
EUPHORBIACEAE					
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll.Arg.		2			ZOO
<i>Manihot paviifolia</i> Pohl		3	3		AUT
<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.			3		ZOO
FABACEAE					
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan		3	19		AUT
<i>Andira paniculata</i> Benth.		9			ZOO
<i>Andira vermifuga</i> (Mart.) Benth.			3		ZOO
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	2				ANE
<i>Cenostigma</i> sp.		27			AUT
<i>Chamaecrista rotundifolia</i> (Pers.) Greene			7		AUT
<i>Chamaecrista</i> sp1	4				AUT
<i>Chamaecrista</i> sp2			7		AUT
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.		1	1		ZOO

Família / Espécie	CD	GM	SV	SC	Dispersão
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.		14	5	38	ANE
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.			5		ZOO
<i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F.Macbr.		5			ZOO
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne		19	15	11	ZOO
<i>Leptolobium dasycarpum</i> Vogel			4	3	ANE
<i>Machaerium opacum</i> Vogel		23	6		ANE
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	13	2	26	17	ANE
<i>Pterodon emarginatus</i> Vogel		20		25	ANE
<i>Pterodon pubescens</i> (Benth.) Benth.			1	5	ANE
<i>Sena</i> sp.		23			AUT
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville			1		ZOO
<i>Tachigali aurea</i> Tul.			3		ANE
<i>Tachigali vulgaris</i> L.G.Silva & H.C.Lima	7				ANE
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke			12		ANE
ICACINACEAE					
<i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers	4		10		ZOO
LAMIACEAE					
<i>Hyptidendron canum</i> (Pohl ex Benth.) Harley		2	2		ANE
LAURACEAE					
<i>Aniba intermedia</i> (Meisn.) Mez		18			ZOO
<i>Nectandra angustifolia</i> (Schrad.) Nees				2	ZOO
<i>Nectandra lanceolata</i> Nees			3		ZOO
LOGANIACEAE					
<i>Antonia ovata</i> Pohl.	6			8	ANE
<i>Strychnos pseudoquina</i> A.St.-Hil.			6		ZOO
LYTHRACEAE					
<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.			80	4	ANE
MALPIGHIACEAE					
<i>Banisteriopsis argyrophylla</i> (A.Juss.) B.Gates	1				ANE
<i>Banisteriopsis latifolia</i> (A.Juss.) B.Gates	1				ANE
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth		1	22	5	ZOO
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth			1		ZOO
<i>Byrsonima laxiflora</i> Griseb.			1		ZOO
<i>Byrsonima pachyphylla</i> A.Juss.			2	1	ZOO
<i>Byrsonima</i> sp.		33			ZOO
<i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A.Juss.	2				ANE
<i>Heteropterys</i> sp.	7		2		ANE
NI 1	6				ANE
MALVACEAE					
<i>Ceiba jasminodora</i> (A.St.-Hil.) K.Schum.			8		ANE
<i>Eriotheca gracilipes</i> (K.Schum.) A.Robyns			1		ANE
<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl.		5	5		ANE
<i>Pseudobombax campestre</i> (Mart. & Zucc.) A.Robyns			6		ANE
<i>Pseudobombax minimum</i> Carv.-Sobr. & L. P. Queiroz		10			ANE
MARCGRAVIACEAE					

Família / Espécie	CD	GM	SV	SC	Dispersão
<i>Schwartzia adamantium</i> (Cambess.) Bedell ex Gir.- Cañas		113	36	2	ZOO
MELASTOMATACEAE					
<i>Macairea radula</i> (Bonpl.) DC.		2			ANE
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana		1	1	2	ZOO
<i>Miconia ferruginata</i> DC.		1		8	ZOO
<i>Miconia leucocarpa</i> DC.				1	ZOO
<i>Miconia</i> sp1	49				ZOO
<i>Miconia</i> sp2		60			ZOO
<i>Miconia subcordata</i> Cogn.			1		ZOO
<i>Mouriri pusa</i> Gardner		1	1	3	ZOO
MORACEAE					
<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul		1			ZOO
MYRTACEAE					
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.Berg		4			ZOO
<i>Eugenia dysenterica</i> (Mart.) DC.		2	1		ZOO
<i>Eugenia pistaciifolia</i> DC.	11				ZOO
<i>Eugenia splendens</i> O.Berg			3		ZOO
<i>Myrcia fenzliana</i> O.Berg			1		ZOO
<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.			63		ZOO
<i>Myrcia pubescens</i> DC.		5			ZOO
<i>Myrcia</i> sp1	3				ZOO
<i>Myrcia</i> sp2			1		ZOO
<i>Myrcia</i> sp3			1		ZOO
<i>Myrcia venulosa</i> DC.		1			ZOO
<i>Siphoneugena densiflora</i> O.Berg			1		ZOO
NI 2	2				ZOO
NI 3			3		ZOO
NYCTAGINACEAE					
<i>Guapira campestris</i> (Netto) Lundell	6				ZOO
<i>Guapira graciliflora</i> (Mart. ex Schmidt) Lundell	8	1	7	18	ZOO
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell			2		ZOO
<i>Neea theifera</i> Oerst.			1	2	ZOO
OCHNACEAE					
<i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Baill.			8	10	ZOO
OPILIACEAE					
<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook.f.		22	1	8	ZOO
PENTAPHYLACEAE					
<i>Ternstroemia carnososa</i> Cambess.	7		1		ZOO
PERACEAE					
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	11		2		ZOO
POLYGONACEAE					
<i>Coccoloba</i> sp.	71				ZOO
PRIMULACEAE					
<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	6			3	ZOO

Família / Espécie	CD	GM	SV	SC	Dispersão
PROTEACEAE					
<i>Roupala montana</i> Aubl.		3	9		ANE
RUBIACEAE					
<i>Chomelia ribesoides</i> Benth. ex A.Gray	5	1	6	3	ZOO
<i>Palicourea rigida</i> Kunth			1	4	ZOO
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltld.) K.Schum.		2	2	7	ZOO
RUTACEAE					
<i>Esenbekia</i> sp.		6			AUT
SALICACEAE					
<i>Casearia mestrensis</i> Sleumer		11			ZOO
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.		1			ZOO
SAPINDACEAE					
<i>Cupania ludowigii</i> Somner & Ferrucci		4			ZOO
<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.			1		ANE
SAPOTACEAE					
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	11		19	24	ZOO
SYMPLOCACEAE					
<i>Symplocos nitens</i> (Pohl) Benth.				1	ZOO
VELLOZIACEAE					
<i>Vellozia squamata</i> Pohl	156	294	30	572	AUT
<i>Vellozia variabilis</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.		26	2	592	AUT
VOCHYSIACEAE					
<i>Callisthene microphylla</i> Warm.			31		ANE
<i>Callisthene minor</i> Mart.			22		ANE
<i>Callisthene molissima</i> Warm.		25			ANE
<i>Qualea cordata</i> (Mart.) Spreng.		2		14	ANE
<i>Qualea dichotoma</i> (Mart.) Warm.			13		ANE
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.		5	17		ANE
<i>Qualea multiflora</i> Mart.			14	2	ANE
<i>Qualea parviflora</i> Mart.		9	7	16	ANE
<i>Vochysia elliptica</i> Mart.	1		2		ANE
<i>Vochysia gardneri</i> Warm.				2	ANE
<i>Vochysia thyrsoidea</i> Pohl	143		1	11	ANE
Total de espécies	35	65	95	50	
Total de indivíduos	644	1.223	889	1.990	

A riqueza florística observada ao longo da Cadeia do Espinhaço foi bastante variável (35 a 95 espécies. ha⁻¹), confirmando a grande heterogeneidade da Cadeia. O extremo norte da Cadeia foi a região mais pobre florísticamente, pois, com 35 espécies, apresentou riqueza inferior às áreas de Cerrado Rupestre estudadas no Brasil Central (AMARAL et al., 2006; MOURA et al., 2007, 2010; LIMA et al., 2010; MARACAHIPES et al., 2011; SANTOS; PINTO; LENZA, 2012). O centro da Cadeia foi a região mais rica, das duas áreas que a compõe, Sempre Vivas foi a que apresentou riqueza florística superior ao encontrado nas

outras três áreas analisadas e nos trabalhos citados anteriormente. A região sul, teve menor número de espécies que o centro da cadeia, mas está dentro do padrão comumente registrado para o Cerrado Rupestre, segundo resultados já citados para o Brasil Central. Portanto, a proximidade com o bioma matriz parece enriquecer florísticamente as áreas de Cerrado Rupestre na Cadeia do Espinhaço.

Destacamos, como as famílias mais ricas florísticamente, Fabaceae, com 23 espécies; Myrtaceae, com 12; Asteraceae e Vochysiaceae, com 11; e Malpighiaceae, com 10. Juntas estas famílias detêm 43,51% do total de espécies registradas nesta amostragem da Cadeia do Espinhaço. A importância destas famílias foi mencionada por Mendonça et al. (2008), com relação à flora do bioma Cerrado. Com relação à abundância, a família Velloziaceae foi a mais importante, com apenas duas espécies, ocorre de norte a sul da Cadeia com 1.672 indivíduos, 35,23% do total amostrado. As espécies desta família são consideradas especialistas de habitat, com distribuição restrita aos ambientes rupestres (RABINOWITZ, 1981) e geralmente estão associada aos Campos Rupestres (FILGUEIRAS, 2002), no entanto, as espécies desta família também são encontradas com grandes populações no Cerrado Rupestre e são importantes na estrutura desta fitofisionomia (LENZA et al., 2011). Observamos, também com elevada abundância, a família Asteraceae com 637 indivíduos. Esta família tem grande sucesso de ocupação nas regiões montanhosas (NAKAJIMA; SEMIR, 2001; CONCEIÇÃO; PIRANI, 2005; ANDERBERG et al., 2007) e suas espécies são bem distribuídas em ambientes como os da Cadeia do Espinhaço (HIND, 1995; HATSCHBACH et al., 2006; MOURA; ROQUE, 2014; MARQUES; NAKAJIMA, 2015).

Além de Velloziaceae e Asteraceae, também se destacaram quanto à abundância, Fabaceae, com 386; Vochysiaceae, com 337; Apocynaceae, com 192; Calophylaceae, 158; Marcgraviaceae, com 151; e Melastomataceae, com 131 indivíduos. Essas famílias apresentam destacada riqueza e abundância no centro do bioma Cerrado e igualmente no Cerrado Rupestre da Cadeia do Espinhaço. Esse sucesso pode ser devido às estratégias adaptativas que apresentam em relação à baixa disponibilidade de nutrientes e elevada acidez do solo. Fabaceae está adaptada aos solos ácidos e com baixa oferta de fósforo (CREWS, 1999), além da sua capacidade de fixação de nitrogênio (GOODLAND, 1979). Vochysiaceae e Melastomataceae possuem espécies acumuladoras de alumínio, estratégia que permite que se estabeleçam bem em solos considerados tóxicos para outras espécies (HARIDASAN, 2000).

Os gêneros mais abundantes foram *Vellozia* com 1.672 indivíduos, *Eremanthus* com 309, *Wunderlichia* com 254, *Vochysia* com 160, *Kielmeyera* com 158, *Schwartzia* com 151,

Aspidosperma com 139 e *Miconia* com 124. A maioria das espécies que encontramos, destes gêneros, tem distribuição restrita a ambientes rupestres (SILVA et al., 2001; RATTER et al., 2003; MENDONÇA et al., 2008; RIBEIRO; WALTER, 2008). As espécies que compõem os gêneros e famílias mais ricos e abundantes (veja Tabela 1.1) são as mais adaptadas às características da Cadeia do Espinhaço (solo, relevo e clima), pois apresentam boa distribuição e ocupação ao longo da mesma. Portanto, devem ser consideradas em estudos e ações de conservação e recuperação de áreas de Cerrado Rupestre ao longo da Cadeia.

Quanto às síndromes de dispersão observamos que 83 espécies (53,9%) são zoocóricas, 59 (38,3%) são anemocóricas e apenas 12 (7,8%) são autocóricas. Apesar do relevo acidentado, a alta insolação e o clima instável devido às elevadas altitudes, a porcentagem expressiva de espécies zoocóricas mostra que existe fauna adaptada a estas condições e que a mesma está presente nas áreas de Cerrado Rupestre. Todavia, acreditamos que o tamanho das populações também seja importante no entendimento da distribuição nos grupos de dispersão. Verificamos uma inversão nas porcentagens quando consideramos a abundância, 1.790 indivíduos (37,72%) são autocóricos, 1.776 (37,42%) são anemocóricos e 1.180 (24,86%) são zoocóricos.

Apesar de ocorrerem em menor número, espécies autocóricas apresentam as maiores populações. Este fato pode estar relacionado ao fato de que as autocóricas não dependem de fatores bióticos ou abióticos para dispersarem. Estas espécies geralmente não conseguem lançar suas sementes muito longe da planta mãe (WILLSON, 1993), apresentando distribuição espacial agregada (NEGRINI et al., 2012). Associado a este fato, este grupo têm frutos secos com grande número de sementes (VAN DER PIJL, 1982). As anemocóricas têm porcentagens expressivas, tanto em relação ao número de espécies quanto ao número de indivíduos. Esse considerável sucesso de ocupação pode estar relacionado à distribuição espacial aleatória deste grupo (MEIRELES; LUIZ, 1995), às características do relevo da Cadeia do Espinhaço, elevadas altitudes e inclinações (GONTIJO, 2008) e a estrutura da vegetação, naturalmente aberta (RIBEIRO; WALTER, 2008), ou seja, quanto mais esparsa a vegetação, maior a chance de chegada de espécies anemocóricas (OLIVEIRA; MOREIRA, 1992). Com relação às menores populações de espécies zoocóricas, acreditamos que a íntima relação entre a flora e seu dispersor possa ser dificultada pelos obstáculos próprios do ambiente rupestre (BENITES et al., 2003) e assim, como a maioria dos animais leva uma quantidade de sementes bem menor que aquela dispersa pelo vento (anemocoria) ou lançadas por deiscência explosiva (autocoria), as populações de zoocóricas se tornam menores.

1.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

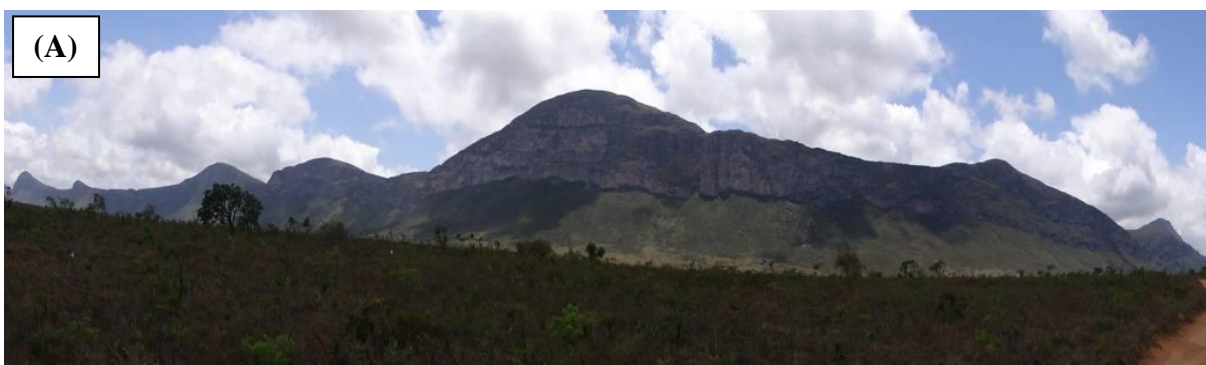
Os solos nas áreas de Cerrado Rupestre da Cadeia do Espinhaço são pobres em nutrientes, arenosos, ácidos e com elevados teores de alumínio. Entretanto, cada área amostrada ao longo da Cadeia têm suas particularidades edáficas. A região norte apresenta maior concentração de fósforo (P), sódio (Na) e argila; a região central maior concentração de alumínio (Al) e os menores valores de pH e a região sul os maiores teores de matéria orgânica (MO), manganês (Mn) e ferro (Fe). Todas as áreas apresentaram relevo irregular e grande cobertura de rochas expostas. Observamos gradiente de altitude, com a Chapada Diamantina no extremo mais alto, localizada na porção norte da Cadeia, e Grão-Mogol no extremo mais baixo, situada na porção sul da Cadeia. Quanto ao gradiente de inclinação, Grão-Mogol apresenta a maior inclinação e Sempre Vivas a menor. Grão-Mogol está em uma região bastante peculiar, onde inicia-se a depressão e estreitamento entre os dois blocos que compõe a Cadeia do Espinhaço, o que justifica a menor altitude e maior inclinação deste local.

Todas as áreas apresentam temperaturas baixas no inverno e amenas nas demais estações e precipitação média anual elevada, com grande concentração das chuvas no verão. Chapada Diamantina tem as menores temperaturas durante o ano, no mês e no trimestre mais quente. Serra do Cipó tem as menores temperaturas no mês e trimestre mais frios e a precipitação média anual com aproximadamente 500 milímetros a mais que as outras áreas.

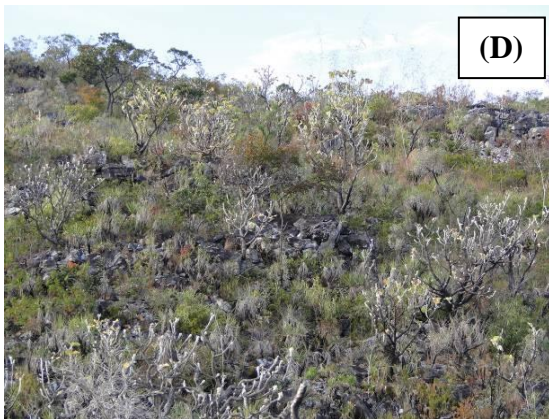
A vegetação arbustivo-arbórea do Cerrado Rupestre da Cadeia do Espinhaço apresenta composição florística típica do Cerrado sentido amplo, com destaque para Fabaceae, Vochysiaceae e Melastomataceae. Também merecem destaque as famílias Velloziaceae e Asteraceae que geralmente são associadas aos ambientes rupestres, por apresentarem grande número de indivíduos e ampla distribuição na Cadeia do Espinhaço.

Com relação à riqueza, confirmamos a grande heterogeneidade atribuída a esta Cadeia de montanhas. Observamos área com poucas espécies, abaixo da média registrada para o Cerrado Rupestre, e áreas com número de espécies muito acima do que geralmente é encontrado para esta fitofisionomia. A maioria das espécies encontradas são zoocóricas e a minoria autocóricas. No entanto, este resultado é invertido quando consideramos o tamanho das populações, os indivíduos autocóricos são maioria e os zoocóricos minoria, ao passo que as anemocóricas têm número intermediário de indivíduos e de espécies.

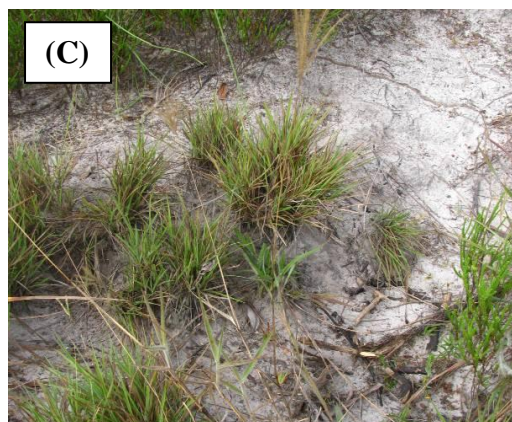
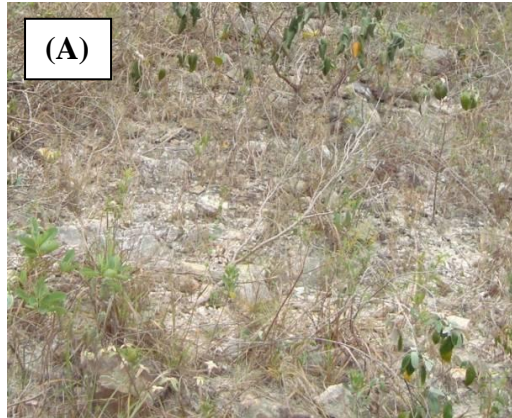
ANEXO FOTOGRÁFICO



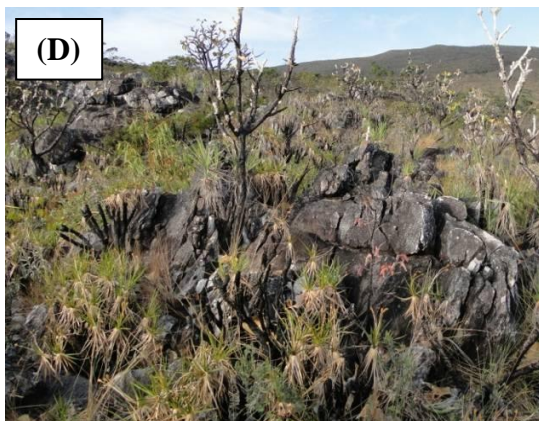
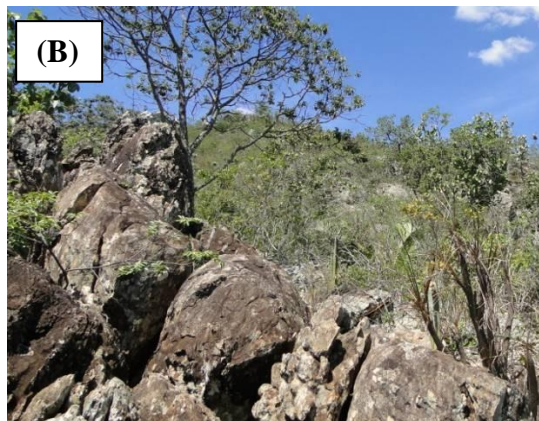
Vista panorâmica da Cadeia do Espinhaço. (A) Chapada Diamantina - BA; (B) Grão-Mogol - MG; (C) Sempre Vivas – MG e (D) Serra do Cipó - MG. Fotos: José Roberto Rodrigues Pinto, Sílvia da Luz Lima Mota, Glendo Henrique de Castro Oliveira e Chesterton Ulysses Orlando Eugênio.



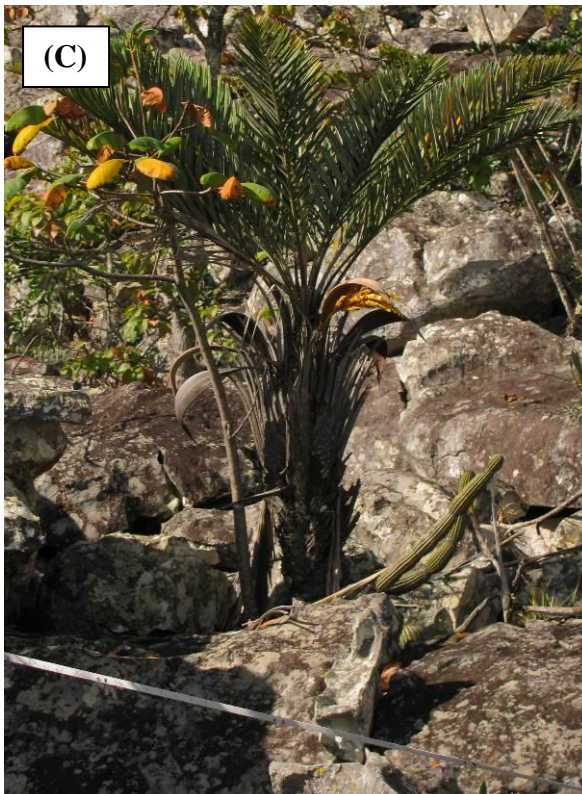
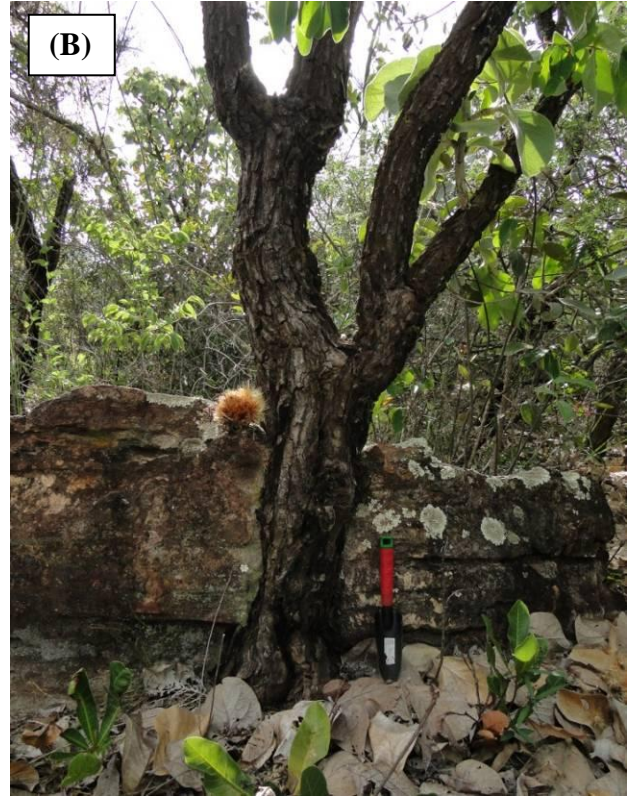
Visão geral das áreas de Cerrado Rupestre na Cadeia do Espinhaço. (A) Chapada Diamantina - BA; (B) Grão-Mogol - MG; (C) Sempre Vivas – MG e (D) Serra do Cipó - MG. Fotos: José R. R. Pinto, Sílvia L.L. Mota, Glendo H. C. Oliveira e Chesterton U. O. Eugênio.



Característica dos solos nas áreas de Cerrado Rupestre na Cadeia do Espinhaço. (A) Chapada Diamantina - BA; (B) Grão-Mogol - MG; (C) Sempre Vivas – MG e (D) Serra do Cipó - MG. Fotos: José R. R. Pinto, Sílvia L.L. Mota, Glendo H. C. Oliveira e Chesterton U. O. Eugênio.



Cobertura de rocha nas áreas de Cerrado Rupestre na Cadeia do Espinhaço. (A) Chapada Diamantina - BA; (B) Grão-Mogol - MG; (C) Sempre Vivas – MG e (D) Serra do Cipó - MG. Fotos: José R. R. Pinto, Sílvia L. L. Mota, Glendo H. C. Oliveira e Chesterton U. O. Eugênio.



Exemplares de espécies arbustivo-arbóreas crescendo em fenda de rochas nas áreas de Cerrado Rupestre na Cadeia do Espinhaço. *Vochysia thyrsoides* Pohl. (A); *Wunderlichia cruelsiana* Taub. (B); *Syagrus comosa* (Mart.) Mart. (C) e *Pterodon emarginatus* Vogel (D). Fotos: José R. R. Pinto, Sílvia L.L. Mota, Glendo H. C. Oliveira e Chesterton U. O. Eugênio.

2. A RIQUEZA E DIVERSIDADE DA FLORA ARBUSTIVO-ARBÓREA DO CERRADO RUPESTRE NA CADEIA DO ESPINHAÇO SÃO MAIS ELEVADAS NAS ÁREAS DE ECÓTONOS?

2.1 INTRODUÇÃO

Desde o século XVII, os primeiros naturalistas europeus desenvolveram estudos sobre os diferentes padrões de distribuição da biodiversidade global. Eles constataram que as regiões tropicais detêm maior riqueza de espécies e que este padrão é consequência da menor amplitude térmica e ausência de congelamento no inverno (veja GUREVITCH et al., 2009). A partir de então, diversas teorias foram formuladas para explicar a geração e manutenção de elevada diversidade biológica nas regiões tropicais (DOBZHANSKY, 1950; FISCHER, 1960; CONNELL; ORIAS, 1964; MACARTHUR, 1965; SANDERS, 1969; JANZEN, 1970). Essas teorias relacionadas principalmente ao gradiente latitudinal podem ser aplicadas a todos os ecossistemas, tanto da região tropical como da extratropical. No entanto, ecossistemas de montanhas parecem responder de forma particular a algumas dessas teorias, pois são ambientes altamente diversos e heterogêneos (SPEHN; KÖRNER, 2005). Nesses ecossistemas, frequentemente há o efeitos do isolamento geográfico, tipo-ilhas (MACARTHUR; WILSON, 1963).

O efeito do isolamento, pode ser observado em porções terrestres isoladas por alguma barreira (WISER et al., 1996) como nos topos das cadeias de montanhas. Regiões montanhosas com restrições ao fluxo gênico e conectividade reduzida, mostram que o grau de isolamento é um dos principais fatores relacionados à variação na composição (CONCEIÇÃO; PIRANI, 2007; GRÖGER; HUBER, 2007; BARBARÁ et al., 2007) e o tamanho dos fragmentos de vegetação é positivamente correlacionado com a composição de espécies de plantas (POREMBSKI et al., 1996; KARGER et al., 2014).

Diferenças na riqueza e composição florística existem porque as espécies são adaptadas às condições ambientais distintas (GUREVITCH et al., 2009) e possuem maneiras particulares de explorar os nichos ecológicos. Estas diferenças estão diretamente relacionadas à heterogeneidade ambiental (MACARTHUR, 1965). A maior oferta de micro-habitats, proporcionada pela heterogeneidade ambiental, reduz a sobreposição de nichos e favorece a coexistência de diferentes espécies no mesmo ambiente (ADLER et al., 2013), desta forma, aumenta a riqueza (YATES et al., 2003; CONCEIÇÃO; PIRANI, 2005). Em geral, os ecossistemas de montanhas são diversificados e ricos em espécies, pois as montanhas são topográfica, geológica e ambientalmente heterogêneas (SPEHN; KÖRNER, 2005). Essa relação existe porque nas áreas com afloramentos de rochas algumas espécies são capazes de

dominar bolsões de solo mais férteis e profundos, enquanto outras são encontradas em solos rasos nos cumes das montanhas ou nas fendas entre as rochas, onde o solo é praticamente inexistente (MOURA et al., 2011).

Em diferentes escalas os fatores edáficos, climáticos e o relevo atuam na diferenciação da vegetação (GOODLAND; POLLARD, 1973; OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 2002; BATALHA, 2011). Mudanças nestes fatores promovem a formação de ecótonos (CLEMENTS, 1905), *i.e.*, regiões de contato entre comunidades diferentes onde ocorre sobreposição de espécies (RICKLEFS, 2003). Essas regiões merecem destaque para a conservação da biodiversidade, pois são locais com extensão considerável e elevadas riqueza e diversidade biológica (ODUM, 1988). Ecótonos podem ocorrer em todos os ambientes, principalmente naqueles ecossistemas constituídos por diferentes tipos de vegetação, como as savanas.

Savanas ocorrem em regiões tropicais, nos continentes africano, sul-americano e australiano (COLE, 1986; LEHMANN et al., 2011) e devido a suas grandes extensões fazem limites com os demais biomas tropicais (COLLINSON, 1988) levando a formação de ecótonos em grande escala. Na América do Sul, a maior área de savana ocorre na região central do Brasil (SILVA; BATES, 2002), onde é chamada de Cerrado, além de áreas menores na Bolívia e no Paraguai (OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 2002). O Cerrado é a savana mais rica do mundo (SILVA; BATES, 2002; SILVA et al., 2006) e parte dessa elevada diversidade é atribuída à sua localização central em relação às demais formações vegetais da América do Sul (MENDONÇA et al., 2008; RIBEIRO; WALTER, 2008). O Cerrado faz fronteira com os biomas Amazônia, Mata Atlântica, Caatinga e Pantanal no Brasil e com o Chaco no Paraguai, Bolívia e Argentina (OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 1995, 2002; SILVA; BATES, 2002). Nessas áreas de transição entre biomas ocorrem intensas trocas de espécies (SILVA; BATES, 2002). Áreas de ecótonos no bioma Cerrado são importantes para direcionar políticas de conservação e novas investigações biológicas, e embora existam diversos estudo no ecótono Cerrado-Amazônia, alguns outros locais sequer foram inventariados (FRANÇOSO, 2014), especialmente considerando as espécies lenhosas (SOUSA-BAENA et al., 2014).

Uma região de ecótono dentro do Cerrado ocorre ao longo da Cadeia do Espinhaço. Essa cadeia de montanhas recebe influência de três grandes biomas, dos quais dois são *hotspots* de biodiversidade mundial: a Mata Atlântica ao sudeste e o Cerrado para o oeste, além da Caatinga ao norte (HARLEY, 1995; HUGHES et al., 2013). A característica ecotonal e a destacada heterogeneidade ambiental na Cadeia do Espinhaço proporcionam abundantes

alternativas ecológicas de adaptações para as espécies herbáceo-subarbusivas nos Campos Rupestres, o que aumenta a riqueza e a diversidade biológica da região (CONCEIÇÃO et al., 2007; GONTIJO, 2008; OLIVEIRA et al., 2015).

Neste capítulo, nosso objetivo foi testar as teorias que explicam os padrões fitogeográficos das espécies, utilizando a vegetação arbustivo-arbórea em áreas de Cerrado Rupestre ao longo da Cadeia do Espinhaço. Nossa hipótese é que a elevada diversidade florística, observada para as espécies herbáceo-subarbusivas (HARLEY; SIMMONS, 1986; GIULIETTI et al., 1987; RAPINI et al., 2008; LONGHI-WAGNER; ARAUJO, 2014; ALVES et al., 2014) também se aplica às espécies arbustivo-arbóreas no Cerrado Rupestre e que a flora é mais rica e diversa nas áreas de transição entre biomas (ecótonos). Assim, formulamos as seguintes perguntas: 1) A riqueza e a diversidade de espécies arbustivo-arbóreas variam ao longo da Cadeia do Espinhaço? Estes parâmetros são maiores nas áreas de ecótonos, nas áreas próximas ao bioma matriz ou nos ambientes mais heterogêneos? 2) A composição florístico-estrutural da vegetação arbustivo-arbórea difere ao longo da Cadeia do Espinhaço? Se positivo, seria o isolamento geográfico dos fragmentos de Cerrado Rupestre nesta cadeia de montanhas, responsável por tal diferenciação?

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.2.1 Localização das áreas de estudo

Veja Capítulo 1, item 1.3, subitem 1.3.1.

2.2.2 Amostragem da vegetação arbustivo-arbórea

Veja Capítulo 1, item 1.3, subitem 1.3.2.

2.2.3 Obtenção das variáveis ambientais

Veja Capítulo 1, item 1.3, subitem 1.3.3.

2.2.4 Análise dos dados

Para análises dos dados organizamos uma matriz florística, com ocorrência e abundância das espécies (daqui em diante, denominada de composição) nas unidades amostrais e uma matriz ambiental, com variáveis edáficas, cobertura de rochas e variáveis do relevo das unidades amostrais.

Comparamos a riqueza de espécies arbustivo-arbóreas entre as áreas nas diferentes porções da Cadeia mediante o método de rarefação baseado no número de indivíduos (GOTELLI; COLWELL, 2001) e a diversidade de espécies por meio de Perfis de Diversidade (veja PEET, 1974; MELO, 2008), a partir da série exponencial de Rényi (TÓTHMÉRÉSZ, 1995) com intervalos de confiança de 95%. Adicionalmente verificamos a equabilidade das

áreas com base no Quociente de Mistura de Jentsch (QM) (HOSOKAWA, 1981). Este quociente representa o número de indivíduos amostrados (N) em relação ao número de espécies encontradas (S), assim: $QM = N/S$.

Utilizamos a Análise de Coordenadas Principais – *Principal Coordinate Analysis* (PCoA) (GOWER, 1966) para investigar: i) como se dá a distribuição das espécies arbustivo-arbóreas ao longo da Cadeia do Espinhaço e se existem diferenças nas composições nas porções norte, central e sul da Cadeia (PCoA 1) e ii) analisar a heterogeneidade ambiental ao longo da Cadeia (PCoA 2). Na PCoA 1 utilizamos dados quantitativos (composição) e aplicamos a medida de similaridade de *Bray-Curtis* (MACCUNE; GRACE, 2002), enquanto na PCoA 2 utilizamos dados ambientais e como medida de similaridade adotamos a Distância Euclidiana (KENT; COKER, 1992).

Para confirmar os padrões evidenciados pelas PCoA 1 e 2 utilizamos análise de variância multivariada não paramétrica baseada em matrizes de distância - PerMANOVAs (*Permutation-based nonparametric MANOVA*) (ANDERSON, 2001), gerada após 9.999 permutações. Testamos também a homogeneidade dos grupos mediante análise de homogeneidade das variâncias *Betadisper* (ANDERSON, 2006). Usamos testes Tukey (TUKEY, 1953) para comparar as distâncias médias de cada unidade amostral plotada na PCoA para o centroide do grupo de variáveis florísticas e ambientais.

Realizamos todas as análises no programa R 3.2.1 (R CORE TEAM, 2015) com o pacote *vegan* (OKSANEN et al., 2015). Em todas as análises comparativas adotamos o nível de significância de 5%. As análises estão detalhadas em Bocard et al. (2011) e Legendre e Legendre (2012).

2.3 RESULTADOS

Encontramos que Sempre-Viva (SV) foi a área mais rica em espécies (95), seguida por Grão-Mogol (GM) com 65, já Serra do Cipó (SC) e Chapada Diamantina (CD) apresentaram número de espécies semelhante entre si e baixos em relação às áreas SV e GM (Figura 2.1). Esse padrão de variação da riqueza de espécies foi mantido quando analisamos a diversidade em cada área (Figura 2.2). A partir da análise dos perfis de diversidade observamos que SV foi a área mais diversa, seguida por GM, enquanto SC e CD apresentaram os valores de diversidade mais baixos e não diferiram entre si, pois suas curvas se cruzam dependendo da métrica utilizada.

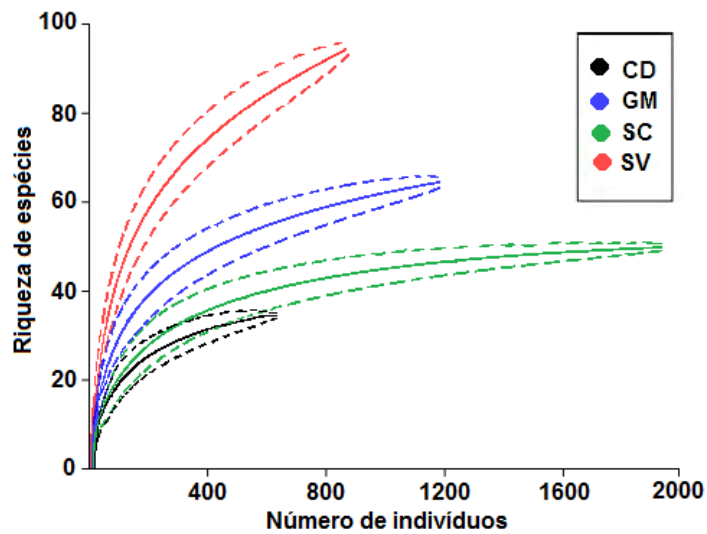


Figura 2.1 Curvas de rarefação da riqueza de espécies arbustivo-arbóreas em áreas de Cerrado Rupestre na Cadeia do Espinhaço. Chapada Diamantina (CD), Grão-Mogol (GM), Sempre-Vivas (SV) e Serra do Cipó (SC). As linhas pontilhadas são os desvios padrão

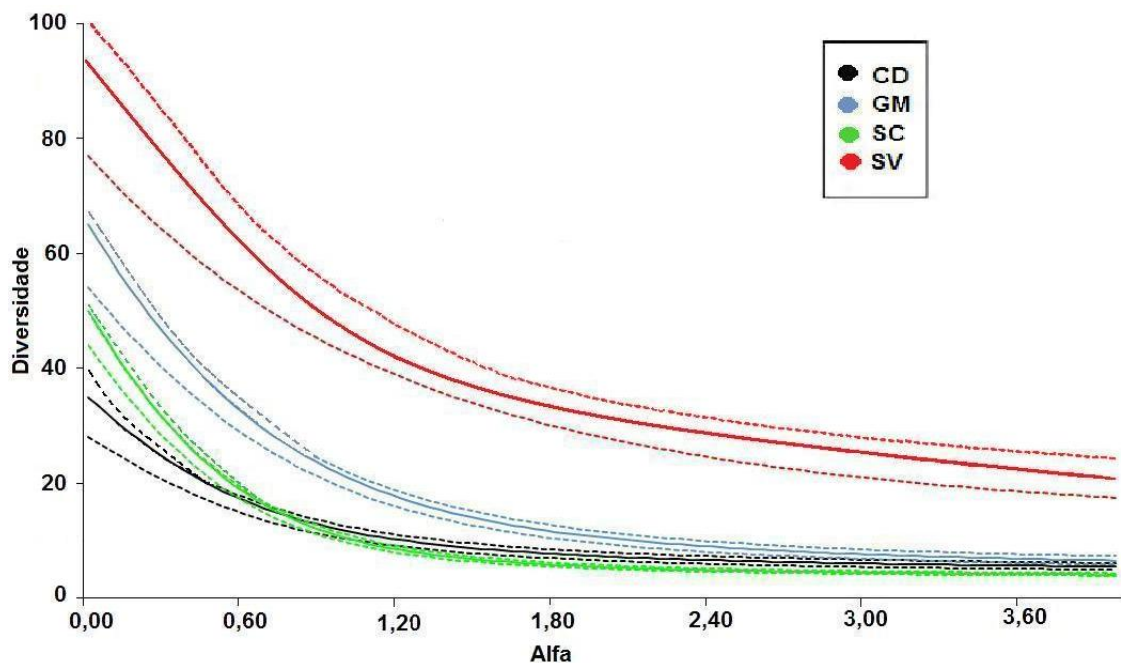


Figura 2.2 Perfis de Diversidade de espécies arbustivo-arbóreas em áreas de Cerrado Rupestre na Cadeia do Espinhaço. Chapada Diamantina (CD), Grão-Mogol (GM), Sempre-Vivas (SV) e Serra do Cipó (SC). As linhas pontilhadas são os desvios-padrão

As variações na diversidade de espécies reveladas nos perfis foram confirmadas pelos valores do Quociente de Mistura. A área de SV apresentou equilíbrio entre riqueza e equabilidade ($QM=1/9$), o que resultou no seu maior valor de diversidade. Nas demais áreas houve desequilíbrio entre estes dois parâmetros. A área de GM apresentou a maior riqueza, dentre as três, porém não detém boa equabilidade ($QM=1/19$). Nas áreas de SC e CD observamos inversão entre riqueza e equabilidade, SC tem mais espécies, mas com forte

dominância ecológica de poucas espécies, que concentraram elevado número de indivíduos (QM=1/40), o que resultou na baixa equabilidade. Por outro lado, CD apresentou o menor número de espécies, mas com equabilidade moderada (QM=1/18).

As quatro áreas ao longo da Cadeia do Espinhaço formaram dois grupos distintos, tanto em termos da composição de espécie (PCoA1), quanto em termos das variáveis ambientais (PCoA2). Juntos, os eixos 1 e 2 explicaram 49,52% na PCoA 1 (Figura 2.3 A) e 89,45% na PCoA 2 (Figura 2.3 B) da correlação entre as distâncias florísticas e ambientais, respectivamente, e as distâncias no espaço n -dimensional. Os grupos formados nas PCoA 1 e 2 foram consistentes tanto para o conjunto de dados florísticos ($F_{(3, 36)} = 11,3; p = 0,0001$) como ambientais ($F_{(3, 36)} = 9,1; p = 0,0001$).

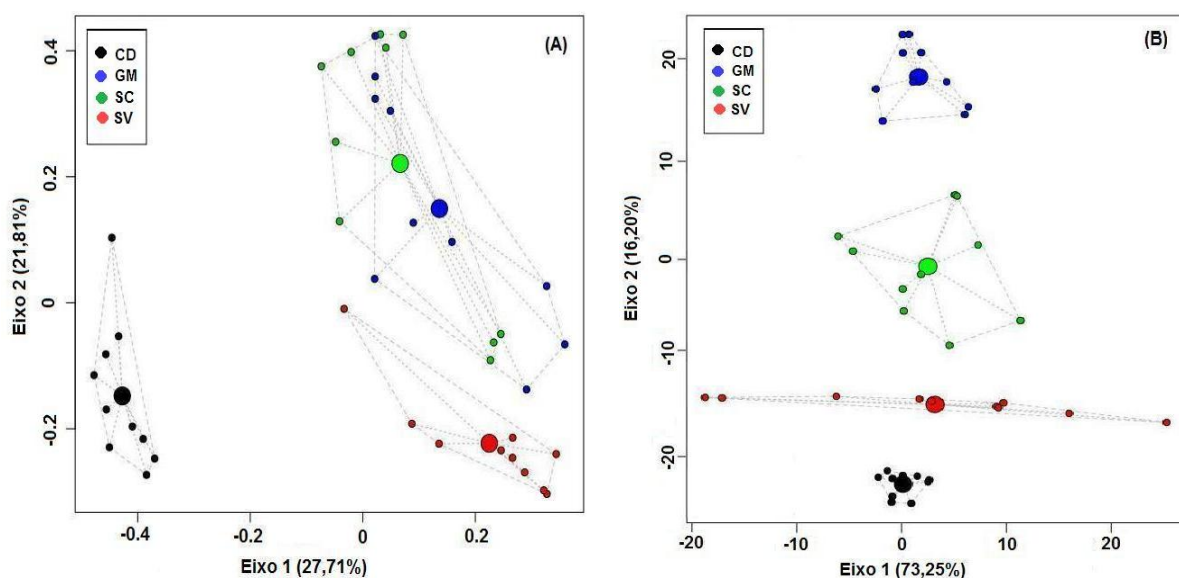


Figura 2.3 Ordenação florística (PCoA 1 (A)) e ambiental (PCoA 2 (B)) das unidades amostrais de Cerrado Rupestre avaliadas na Cadeia do Espinhaço. Chapada Diamantina (CD), Grão-Mogol (GM), Sempre-Vivas (SV) e Serra do Cipó (SC)

A distribuição das espécies arbustivo-arbóreas ao longo da Cadeia do Espinhaço foi mais homogênea e equilibrada do que a variação nos ambientes, que se apresentaram bastante heterogêneos nesta formação de montanhas (Figura 2.3 (A e B) levando em consideração que as escalas da referida figura são muito diferentes. Os valores das distâncias médias das unidades amostrais ao centroide para o conjunto de dados florísticos (CD = 33,5; GM = 46,4; SC = 46,5 e SV = 53,0) e ambientais (CD = 29,2; GM = 57,0; SC = 71,0 e SV = 124,1), mostraram que CD é a única exceção, pois tem um ambiente muito homogêneo.

A análise de variância dos dados florísticos - PerMANOVA 1 ($F_{(3, 36)} = 8,45; p = 0,0001; R^2 = 41,4\%$) e ambientais - PerMANOVA 2 ($F_{(3, 36)} = 9,1; p = 0,0001; R^2 = 70,5\%$)

confirmou as diferenças na composição de espécies e nas características ambientais em pelo menos uma das áreas em cada conjunto de dados. Pelo teste Tukey, apenas CD diferiu das demais áreas em relação à composição florística (Figura 2.4 A) e somente SV apresentou ambiente diferente (Figura 2.4 B).

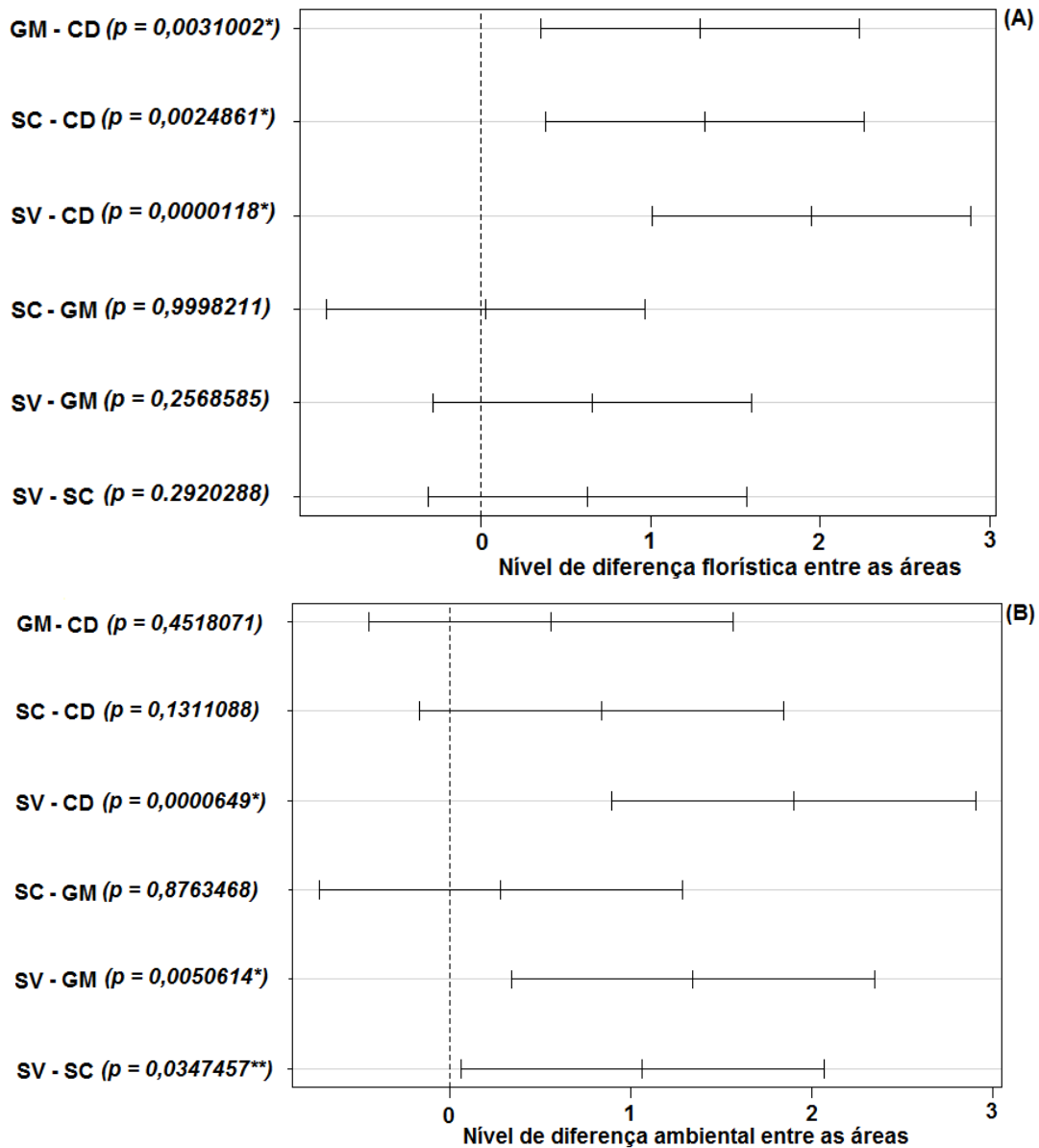


Figura 2.4 Comparações florísticas e ambientais entre as áreas de Cerrado Rupestre na Cadeia do Espinhaço, pelo teste de Tukey a 5%. Chapada Diamantina (CD), Grão-Mogol (GM), Sempre-Vivas (SV) e Serra do Cipó (SC). O par de áreas que não cruza a linha pontilhada (nível de diferença entre as áreas) é considerado diferente

2.4 DISCUSSÃO

Constatamos que a elevada diversidade de espécies normalmente atribuída aos ecótonos em áreas com substratos semelhantes (CLEMETS, 1905; ODUM, 1988) não se aplica a vegetação do Cerrado Rupestre na Cadeia do Espinhaço que tem ambientes muito

heterogêneos e substrato com grandes afloramentos de rochas. As áreas localizadas no ecótono Cerrado/Caatinga (CD) e Cerrado/Mata Atlântica (SC) apresentaram menor diversidade que as áreas da parte central da Cadeia e mais próximas do centro do bioma Cerrado (SV e GM). Esse resultado corrobora observações de outros autores para o Cerrado Rupestre (MOURA, 2010) e Cerrado sentido amplo (COLWELL; HURTT, 1994; FRANÇOSO, 2014). Colwell e Hurtt (1994) sugerem que isso ocorre devido à sobreposição das distribuições das espécies no centro do bioma, o que eleva as riquezas locais e a diversidade alfa. Por outro lado, Françoso (2014) aponta a importância das áreas de ecótono para a elevada diversidade beta do bioma Cerrado, apesar de isoladamente estas áreas serem floristicamente mais pobres em comparação com área de Cerrado sentido restrito localizadas na região *core* do bioma. Assim, acreditamos que a proximidade com a área central do bioma enriquece floristicamente o Cerrado Rupestre na Cadeia do Espinhaço.

A maior riqueza da flora nas áreas próximas a área *core* do Cerrado pode estar associada à facilidade de dispersão e estabelecimento das espécies do Cerrado sentido amplo no Cerrado Rupestre. As condições ambientais limitantes atribuídas às áreas de afloramentos de rochas não modificam muito a composição, riqueza e diversidade de espécies arbustivo-arbóreas do Cerrado Rupestre, quando comparadas com a vegetação do Cerrado sentido restrito em solos mais profundos (MOURA et al., 2007, 2010; PINTO; LENZA; et al., 2009; LIMA et al., 2010; GOMES et al., 2011; MARACAHIPES et al., 2011; ABREU et al., 2012; MEWS et al., 2014), portanto, a presença dos afloramentos de rochas não é restritiva para as espécies do Cerrado. Segundo Rizzini (1963), nas zonas de ecótonos existe a oportunidade de surgirem espécies endêmicas ou vindas de outros biomas. Méio et al. (2003) acrescentam que essa contribuição florística dos biomas vizinhos é maior quanto mais longe se estiver da região central do Cerrado. Isso parece ser verdadeiro para os ecótonos do Cerrado sentido restrito sobre solos profundos, entretanto, nós não observamos esta maior contribuição no Cerrado Rupestre e acreditamos que as condições restritivas dos ambientes rupestres, embora não o seja para as espécies do Cerrado sentido amplo, é limitante para as espécies arbustivo-arbóreas dos biomas vizinhos, como a Mata Atlântica e a Caatinga.

Observamos também que a heterogeneidade ambiental é fator importante para elevar a riqueza de espécies e a diversidade biológica. Isso ocorre porque a amplitude de distribuição das espécies está ligada ao seu nicho, ou seja, elas ocorrem onde encontram condições ambientais favoráveis (BROWN; LOMOLINO, 2000). As diferentes profundidades do substrato, o relevo íngreme, os afloramentos de rocha (RIBEIRO; WALTER, 2008) e as áreas côncavas com acúmulo de água e serapilheira (MOURA et al., 2010) criam microhabitats

diferenciados no Cerrado Rupestre. Esses microambientes proporcionam condições à ocorrência e manutenção de elevada diversidade de espécies, pois possibilitam a ocorrência de espécies do Cerrado sentido amplo, além das exclusivas de ambientes rupestres (MOURA, 2010; LENZA et al., 2011; SANTOS; PINTO; LENZA, 2012; SANTOS; PINTO; LENZA; et al., 2012). Portanto, a heterogeneidade ambiental registrada no Cerrado Rupestre proporciona maior oferta de nichos ecológicos o que favorece o aumento da riqueza florística e diversidade de espécies arbustivo-arbóreas nesse ambiente.

Diferenças nas condições edáficas elevam a oferta de nichos ecológicos; em escala local essas diferenças interferem mais na composição florística e em escala regional influenciam mais na riqueza de espécies (PARMENTIER et al., 2005). A influência da heterogeneidade ambiental sobre a diversidade de espécies em uma área é característica marcante nos ecossistemas rochosos e foi observada em diversas regiões pelo mundo (MOSTACEDO et al., 2001; BURKE, 2002a, 2002b; LAVERGNE et al., 2003; LAMBRINOS et al., 2006; PEREZ-GARCIA; MEAVE, 2006). Portanto, o resultado que encontramos não se restringe ao Cerrado Rupestre da Cadeia do Espinhaço, mas parece ser característica comum aos ambientes rupestres em geral.

Verificamos ainda que a composição de espécies na porção norte da Cadeia do Espinhaço é diferente, apesar de seu ambiente ser semelhante ao das porções centro-norte e extremo sul desta Cadeia de montanhas. Portanto, se esta diferença não é efeito do ambiente, provavelmente é resultado do isolamento geográfico que atua sobre esta região. Apesar da Cadeia do Espinhaço ser uma formação montanhosa geológica e morfologicamente contínua, a parte norte eleva-se após um rebaixamento e estreitamento que existe entre as porções setentrional e meridional (BÜNGER et al., 2014). Neste caso, essa barreira geográfica pode estar impedindo a troca de materiais genéticos e a comunicação entre as populações. Quanto mais distantes da fonte de propágulos e menos rotas possíveis de dispersão, mais dissimilar será a composição de espécies (OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 1995). O efeito do isolamento geográfico sobre a composição florística também foi observado em áreas de Cerrado Rupestre no Brasil (MOURA, 2010), nas montanhas da África Oriental, América do Sul e Nova Guiné (SKLENÁŘ et al., 2014) e regiões montanhosas nas ilhas da Indonésia e das Filipinas (KARGER et al., 2014) confirmando nossos achados para o Cerrado Rupestre.

2.5 CONCLUSÃO

A diversidade de espécies arbustivo-arbórea é diferente entre as áreas de Cerrado Rupestre ao longo da Cadeia do Espinhaço, assim como a sua composição florística, confirmando o postulado de grande diversidade biológica atribuída às regiões montanhosas. A hipótese de que áreas ecotonais teriam maior riqueza e diversidade de espécies foi rejeitada.

Os fatores que moldam a composição florístico-estrutural da vegetação nas áreas de montanhas agem em conjunto, ecótono - heterogeneidade ambiental - isolamento geográfico. Porém, está claro que a maior heterogeneidade ambiental favorece a manutenção de elevada riqueza e diversidade de espécies. Além disso, a proximidade com o bioma matriz também atua positivamente no enriquecimento das áreas, pois as espécies nativas parecem estar mais adaptadas às condições restritivas dos afloramentos rochosos do que as espécies de biomas vizinhos. Com relação à composição florística, observamos que o isolamento geográfico atua de forma determinante sobre a vegetação, pois limita a dispersão dos propágulos. Desta forma, áreas separadas por barreiras geográficas apresentam composição da florística distinta.

3. OS PREDITORES ESPAÇO E AMBIENTE NÃO ATUAM IGUALMENTE SOBRE AS ESPÉCIES ARBUSTIVO-ARBÓREAS DO CERRADO RUPESTRE NA CADEIA DO ESPINHAÇO

3.1. INTRODUÇÃO

Definir os fatores que moldam a ocorrência e abundância das espécies tem sido um grande desafio (GOODLAND; POLLARD, 1973). Devido à complexidade destes fatores, que agem simultaneamente sobre as comunidades em diferentes escalas, sua determinação não é uma tarefa trivial (LEIBOLD et al., 2010). No entanto, duas teorias são postuladas sobre a composição das comunidades; a teoria de nicho, formulada por Grinnell (1917) e modificada por Hutchinson (1957) e a teoria neutra (HUBBELL, 2001).

De acordo com a teoria de nicho a distribuição e ocorrência das espécies é determinada por fatores ambientais, aos quais as espécies estão adaptadas, bem como pela exclusão competitiva (HUTCHINSON, 1957). Já a teoria neutra prevê que as comunidades são abertas e estão em contínua mudança; sendo que a presença ou ausência de uma espécie e a sua abundância são reflexos de processos estocásticos e limitações de dispersão (HUBBELL, 2001). O fator mais importante na teoria neutra é a dispersão; afinal a coexistência das espécies em uma comunidade é resultado da imigração, que é afetada pelo espaço (HUBBELL, 2005).

Historicamente os estudos ecológicos deram muita ênfase aos fatores ambientais na determinação das comunidades e esse assunto foi amplamente investigado nas últimas décadas. De fato, a amplitude da distribuição geográfica das espécies está ligada ao seu nicho e elas só ocorrem onde as condições ambientais são adequadas (ACKERLY, 2003; BROWN; LOMOLINO, 2006). Neste caso, diferentes espécies só se estabelecem em um ambiente, formando uma comunidade, quando possuem requerimentos ambientais similares para sua existência (KENT; COKER, 1992). Portanto, o ambiente atua como filtro e seleciona as espécies com base nas condições mínimas para que ocorram em um dado local.

No Cerrado diversos autores investigaram a relação da flora e ambiente em diferentes escalas (RATTER; DARGIE, 1992; CASTRO et al., 1999; RATTER et al., 2000, 2003; DURIGAN et al., 2003). Em grande escala, o clima e o principal fator que atua como filtro ambiental para determinar as comunidades arbóreas (FURLEY; RATTER, 1988; OLIVEIRA-FILHO et al., 1989; OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 2002; DURIGAN; RATTER, 2006; PUNYASENA et al., 2008; BATALHA, 2011). Em escalas menores, as propriedades físico-químicas do solo, como textura, acidez e disponibilidade de nutrientes são as principais

características edáficas que determinam a ocorrência das espécies no Cerrado (RAIJ, VAN, 1981; HARIDASAN, 2000; FELFILI et al., 2001; FRANCO, 2002; AMORIM; BATALHA, 2007; REATTO et al., 2008; DANTAS; BATALHA, 2011; BUENO et al., 2013). Além destas propriedades, outros fatores são apontados como de extrema importância na determinação da vegetação, tais como profundidade do solo; proximidade do lençol freático; presença de cascalhos e concreções na superfície (HARIDASAN, 2007); variações no relevo, expressas pela altitude e declividade (RODRIGUES et al., 1989; RATTER; DARGIE, 1992); geomorfologia (MOTTA et al., 2002), drenagem do solo, histórico do fogo (JOLY et al., 1999; OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 2002; MIRANDA et al., 2004) e perturbações antrópicas (RIBEIRO; WALTER, 2008).

Apesar dos avanços no conhecimento sobre a composição e estrutura da vegetação em relação ao ambiente, outros fatores importantes, como a distância geográfica entre as localidades (espaço) foram negligenciados (DINIZ-FILHO et al., 2012), o que pode ter comprometido o entendimento das causas da distribuição e ocorrência das espécies. Padrões espaciais puros revelam importantes aspectos sobre biogeografia, especialmente em relação à dispersão (BROOKS; MCLENNAN, 1993). Afinal, a heterogeneidade espacial é primordial para os ecossistemas, pois se não houvesse estrutura no espaço as populações estariam susceptíveis ao fracasso (LEGENDRE; LEGENDRE, 1998). Estudos com comunidades de florestas tropicais motivaram a importância de se entender como a composição das espécies varia em função do ambiente e do espaço geográfico (VORMISTO et al., 2004; CHAVE, 2013; EISENLOHR, 2013). Portanto, as teorias de nicho e neutra devem ser vistas como complementares, pois a estrutura das comunidades é resultado do balanço entre ambiente e espaço (GRAVEL et al., 2006).

Investigamos a composição florístico-estrutural da flora arbustivo-arbórea em áreas de Cerrado Rupestre na Cadeia do Espinhaço e verificamos que existe dissimilaridade entre elas (Capítulo 2). Portanto, faz necessário saber se existe relação entre a dissimilaridade florística arbustivo-arbórea e as variáveis ambientais (solo e relevo) e espaciais (distância geográfica). Para desvendar esta questão formulamos as seguintes perguntas: 1) Os preditores avaliados são capazes de explicar essa relação? 2) Caso positivo, quais preditores explicam melhor, o ambiente ou o espaço? 3) Os preditores agem da mesma forma em todas as espécies? Como é a relação do ambiente e do espaço com as espécies dos diferentes grupos de dispersão? 4) Quais variáveis são melhores preditoras na distribuição das espécies?

3.2. MATERIAIS E MÉTODOS

3.2.1. Localização das áreas de estudo

Veja Capítulo 1, item 1.3, subitem 1.3.1.

3.2.2. Amostragem da vegetação arbustivo-arbórea

Veja Capítulo 1, item 1.3, subitem 1.3.2.

3.2.3. Obtenção das variáveis ambientais

Veja Capítulo 1, item 1.3, subitem 1.3.3.

3.2.4. Análise dos dados

Realizamos todas as análises utilizando três matrizes: 1) Florística – composta pela ocorrência e abundância das espécies nas unidades amostrais; 2) Espacial – com as coordenadas geográficas das parcelas e 3) Ambiental - com as variáveis edáficas, declividade, altitude e cobertura de rochas nas unidades amostrais.

Não foi possível utilizar dados climáticos como preditores nas análises definitivas deste trabalho. As variáveis relacionadas ao clima foram obtidas por área e nossas unidades amostrais são as parcelas dentro das áreas. Testamos repetir os valores de cada área para todas as suas unidades amostrais, porém houve distorção nos resultados. Verificamos que o clima das áreas não varia muito ao longo da Cadeia do Espinhaço, pois, apesar da diferença de latitude, existe a influencia da altitude que tende a padronizá-los.

Realizamos todas as análises no programa R 3.2.0 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2015) com os pacotes *AEM* (BLANCHET, 2014), *vegan* (OKSANEN et al., 2015), *packfor* (DRAY et al., 2013) e *spacemakeR* (DRAY, 2013). As análises estão descritas detalhadamente em Bocard et al. (2011) e Legendre e Legendre (2012).

Usamos análise de partição da variância baseada em Análise de Redundância parcial - *Redundancy Analysis* (RDA) (LEGENDRE et al., 2012; DRAY et al., 2012) para investigar a relação entre os padrões florísticos e as variações no ambiente e no espaço. Nessa rotina, a matriz de abundâncias das comunidades foi a variável resposta e as variáveis ambientais e espaciais obtidas para cada parcela foram os preditores. Submetemos a matriz florística à transformação de *Hellinger* para linearizar os dados (LEGENDRE; GALLAGHER, 2001) e a matriz ambiental à padronização (distribuição de Gauss).

A partir das coordenadas geográficas de cada parcela nós derivamos filtros espaciais (*Principal Coordinates of Neighbor Matrices* - PCNM) por meio da Análise de Coordenadas Principais da matriz de Distância Euclidiana truncada com base na *Minimum Spanning Tree* (GRIFFITH; PERES-NETO, 2006). Os filtros espaciais com autovalores positivos foram selecionados iterativamente usando seleção progressiva (*Forward Selection*) (BLANCHET et

al., 2008). Do mesmo modo, para reduzir o número de preditores e eliminar colinearidades nos modelos de RDA nós selecionamos iterativamente as variáveis ambientais por seleção progressiva. Avaliamos a colinearidade nos preditores mediante ao fator de inflação da variância (VIF), usando a função *vif.cca* no pacote *vegan*. Para fins de visualização, nós plotamos os diagramas das RDA mantendo apenas os preditores selecionados.

Os procedimentos descritos acima foram realizados com os dados de toda a comunidade arbustivo-arbórea, onde realizamos também a partição da variância (veja LEGENDRE; LEGENDRE, 2012), para verificar quais preditores são mais significativos na distribuição das espécies. A partição da variância deriva frações: ambiental [a], compartilhada [b], espacial [c] e residual [d], que mostramos em diagrama de Venn e testamos as frações [a] e [c] usando ANOVA com 999 permutações. Todos os procedimentos, com exceção da partição da variância, foram realizados também para as espécies zoocóricas (RDA_{zoo}), anemocóricas (RDA_{anemo}) e autocóricas (RDA_{auto}) separadamente, gerando uma RDA para cada grupo de dispersão.

Fizemos análises de Ordenação Direta (LANDEIRO et al., 2008) para verificar a substituição de espécies ao longo da Cadeia em relação aos escores dos eixos 1 das RDA, considerando a abundância das espécies nas unidades amostrais e as três síndromes separadamente (zoocoria, anemocoria e autocoria).

3.3. RESULTADOS

Encontramos cinco variáveis ambientais e três filtros espaciais significativos (Tabela 3.1), portanto, estes são os responsáveis pela diferenciação na composição de espécies ao longo da Cadeia. A RDA, construída a partir dos dados ambientais, espaciais e florístico-estruturais de toda a comunidade arbustivo-arbórea, evidenciou três grupos distintos e os eixos 1 e 2 juntos explicam 60% da variação na composição (Figura 3.1). A área da Chapada Diamantina (CD), no extremo norte da Cadeia do Espinhaço, se diferenciou das demais áreas (eixo 1), tanto em função da distância quanto das características ambientais, pois possuiu maior altitude e solos com textura mais fina (maior proporção de argila), pH mais básico e maior teor de fósforo. A área de Serra do Cipó se diferenciou do grupo formado pelas áreas de Grão Mongol e Sempre Vivas tanto em função da distância quanto pelo fato de os solos das duas últimas áreas apresentarem maiores teores de alumínio. A composição e abundância de espécies foi significativamente correlacionada com variáveis espaciais ($p < 0,01$) e ambientais ($p < 0,01$ e $p < 0,05$), portanto, os grupos formados na RDA não são aleatórios.

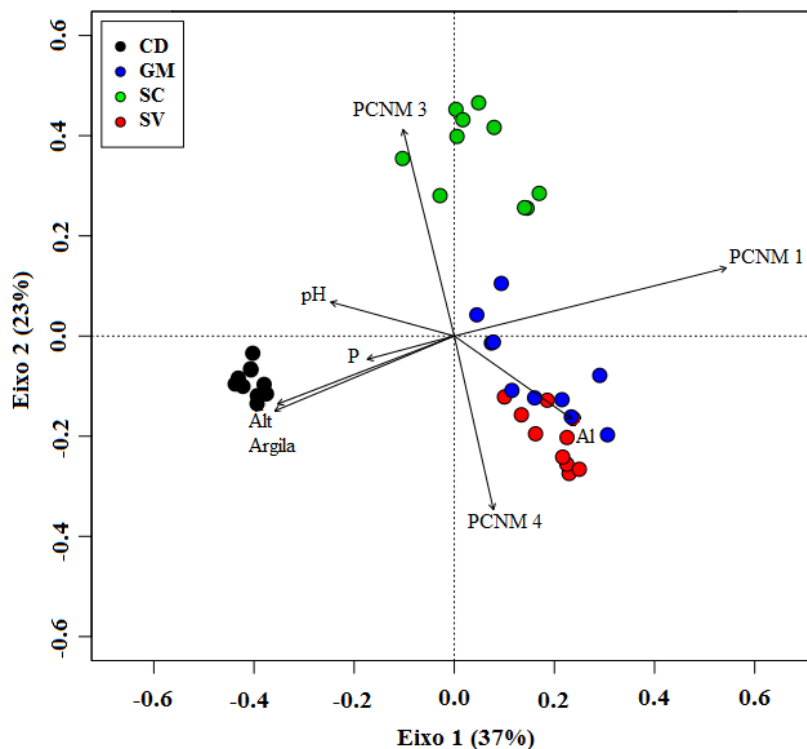


Figura 3.1 Diagrama de ordenação (RDA) para a composição de espécies arbustivo-arbóreas das áreas de Cerrado Rupestre amostradas na Cadeia do Espinhaço. Chapada Diamantina (CD), Grão-Mogol (GM), Serra do Cipó (SC) e Sempre-Vivas (SV). PCNM = filtros espaciais

Tabela 3.1 Variáveis significativas e selecionadas pela RDA com todas as espécies arbustivo-arbóreas analisadas nas áreas de Cerrado Rupestre na Cadeia do Espinhaço

Filtros espaciais	F_(3,31)	P
PNCM 1	8,79	0,0001
PNCM 3	5,41	0,0001
PNCM 4	5,84	0,0001
Variáveis ambientais	F_(5,31)	P
Altitude das áreas (Alt)	5,64	0,0001
Teor de Alumínio no solo (Al)	3,28	0,0005
Teor de fósforo no solo (P)	2,63	0,0021
pH do solo (pH)	1,97	0,0157
Teor de argila no solo (Argila)	1,87	0,0238

A fração puramente espacial [c] foi mais importante que a fração puramente ambiental [a] para explicar a variação na composição de espécies arbustivo-arbóreas ao longo da Cadeia do Espinhaço (Figura 3.2). No entanto, ambas as frações foram significativas, espacial [c], $F_{(3,31)} = 41,5$; $p = 0,001$ e ambiental [a], $F_{(5,31)} = 1,7$; $p = 0,001$. Verificamos ainda que a interação espaço-ambiente [b] apresentou a mesma proporção de importância (17%) que a fração puramente espacial. Isso confirma que as variáveis ambientais selecionadas na RDA são realmente importantes na distribuição da vegetação do Cerrado Rupestre.

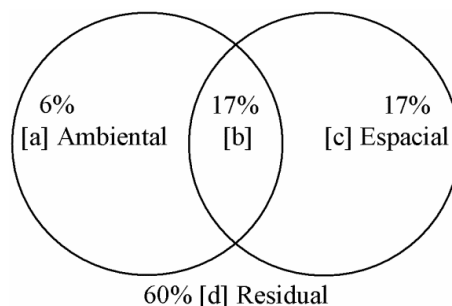
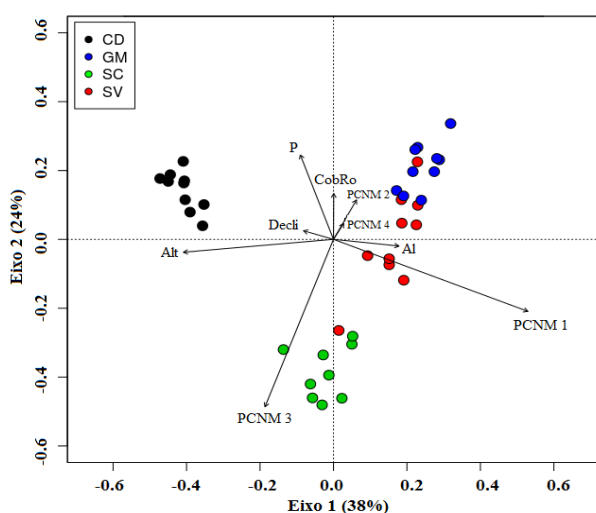


Figura 3.2 Partição de variância das frações que explicam a variação na composição florística arbustivo-arbórea entre as áreas de Cerrado Rupestre, na Cadeia do Espinhaço

As espécies zoocóricas foram maioria neste ambiente (54%), mas detêm o menor número de indivíduos (25%) e sua distribuição ao longo da Cadeia do Espinhaço foi semelhante àquela observada para toda a comunidade vegetal. Observamos igualmente três grupos em relação aos eixos 1 e 2 da RDA_{zoo} respectivamente, no entanto, existem distinções nas variáveis significativas (Figura 3.3). O espaço permanece muito significativo para a distribuição deste grupo de espécies e com relação ao ambiente, variáveis novas aparecem como importantes na distribuição e abundância das espécies zoocóricas, como cobertura de rochas e declividade do terreno, além das variáveis já observadas para toda a comunidade. Os eixos 1 e 2 da RDA_{zoo} explicam 62% da correlação dos dados. Dentro deste grupo de dispersão algumas espécies têm correlação positiva com as variáveis significativas e outras apresentaram correlação negativa, esta relação determina a distribuição das espécies ao longo da Cadeia (Figura 3.4).



Filtros espaciais	F_(4,30)	P
PNCM 1	9,61	0,0001
PNCM 3	6,85	0,0001
PNCM 4	5,26	0,0370
PCNM 2	1,60	0,0356
Variáveis ambientais	F_(5,30)	P
Altitude das áreas (Alt)	6,68	0,0001
Alumínio (Al)	2,72	0,0014
Fósforo (P)	2,46	0,0032
Cobertura de rochas (CobRo)	1,88	0,0211
Declividade do terreno (Decli)	1,76	0,0356

Figura 3.3 Diagrama de ordenação (RDA_{zoo}) das unidades amostrais com as espécies zoocóricas das áreas de Cerrado Rupestre amostradas na Cadeia do Espinhaço e as variáveis significativas selecionadas pela RDA_{zoo} . Chapada Diamantina (CD), Grão-Mogol (GM), Serra do Cipó (SC) e Sempre-Vivas (SV), PCNM = filtros espaciais

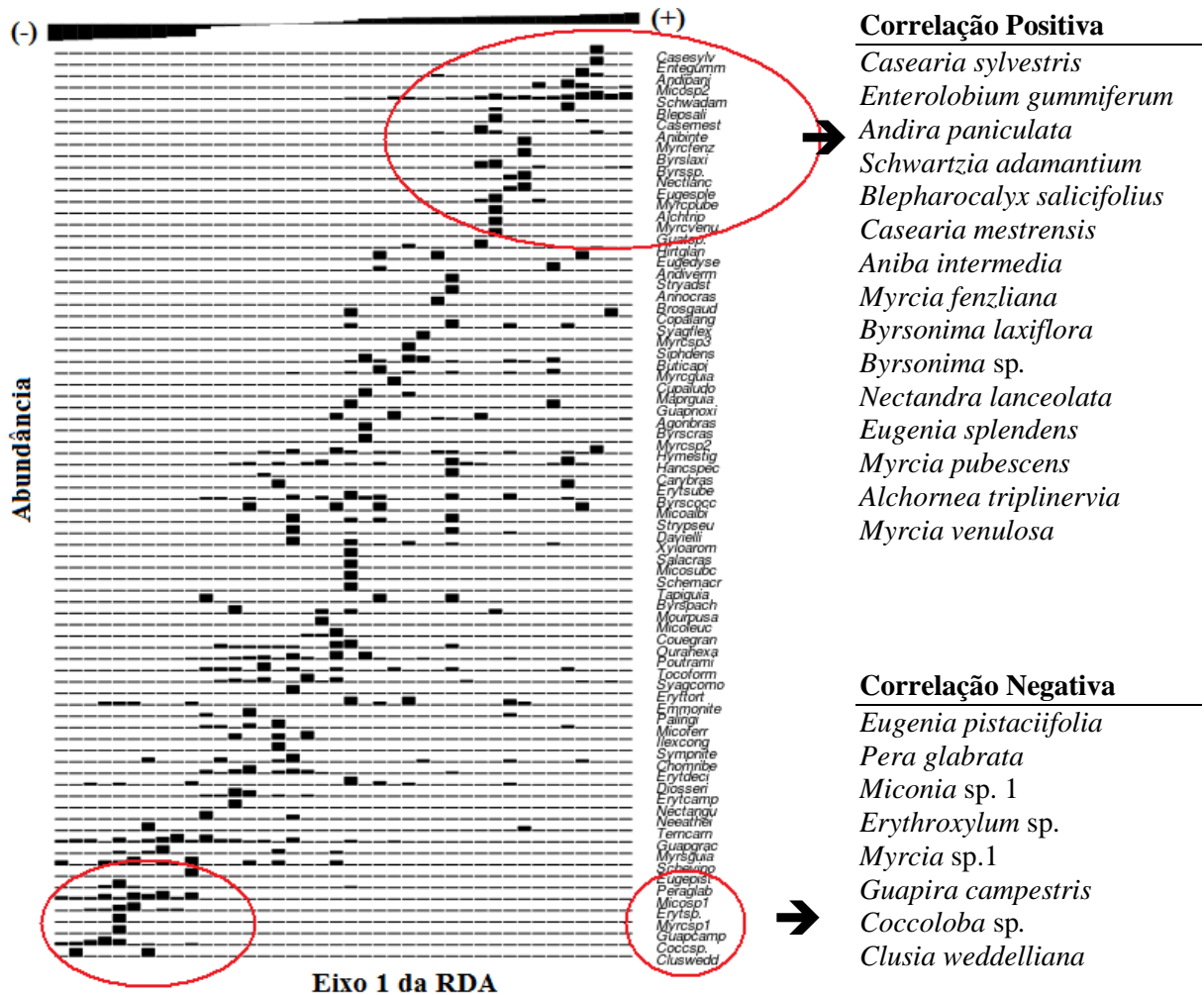
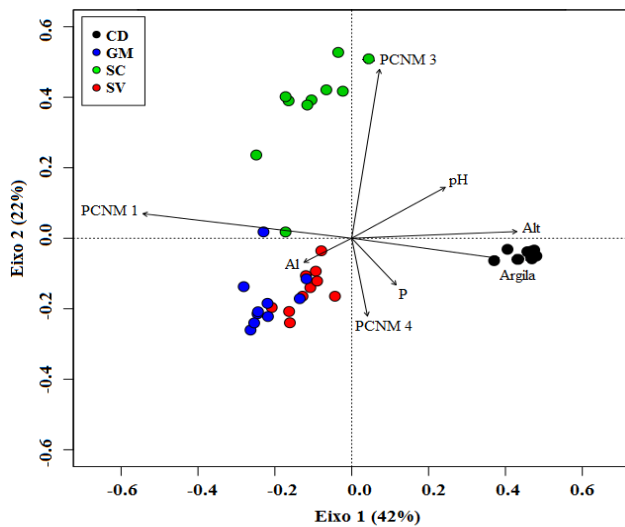


Figura 3.4 Ordenação Direta da substituição das espécies arbustivo-arbóreas zoocóricas e suas abundâncias nas áreas de Cerrado Rupestre ao longo da Cadeia do Espinhaço, em relação ao eixo 1 da RDA_{zoo}. Os nomes das espécies estão abreviados na figura, Ex: Caseasylyv = *Casearia sylvestris*

As espécies anemocóricas representam 38% do total de espécies arbustivo-arbóreas na Cadeia do Espinhaço com 37% dos indivíduos e seu padrão de distribuição foi igual àquele observado para a comunidade vegetal, assim como as variáveis significativas. Os grupos formados em relação aos eixos 1 e 2 da RDA_{anemo} separam e congregam as unidades amostrais deixando Chapada Diamantina (CD) isolada das demais áreas no norte da Cadeia (eixo 1) e Serra do Cipó (SC) isolada das demais no sul da Cadeia (eixo 2) (Figura 3.5). Os eixos 1 e 2 da RDA_{anemo} explicaram 64% da correlação dos dados. Existe um grupo de espécies anemocóricas positivamente relacionadas às variáveis significativas e um grupo de espécies negativamente correlacionadas, característica que molda a distribuição destas espécies na Cadeia do Espinhaço (Figura 3.6).



Filtros espaciais	F _(3,31)	p
PCNM 1	12,10	0,0001
PCNM 3	6,35	0,0001
PCNM 4	5,84	0,0001
Variáveis ambientais	F _(5,31)	p
Altitude das áreas (Alt)	8,34	0,0001
Alumínio (Al)	3,09	0,0011
pH do solo (pH)	2,74	0,0010
Fósforo (P)	2,78	0,0012
Argila	1,95	0,0271

Figura 3.5 Diagrama de ordenação (RDAanemo) das unidades amostrais com as espécies anemocóricas das áreas de Cerrado Rupestre amostradas na Cadeia do Espinhaço e as variáveis significativas selecionadas pela RDAanemo. Chapada Diamantina (CD), Grão-Mogol (GM), Serra do Cipó (SC) e Sempre-Vivas (SV), PCNM = filtros espaciais

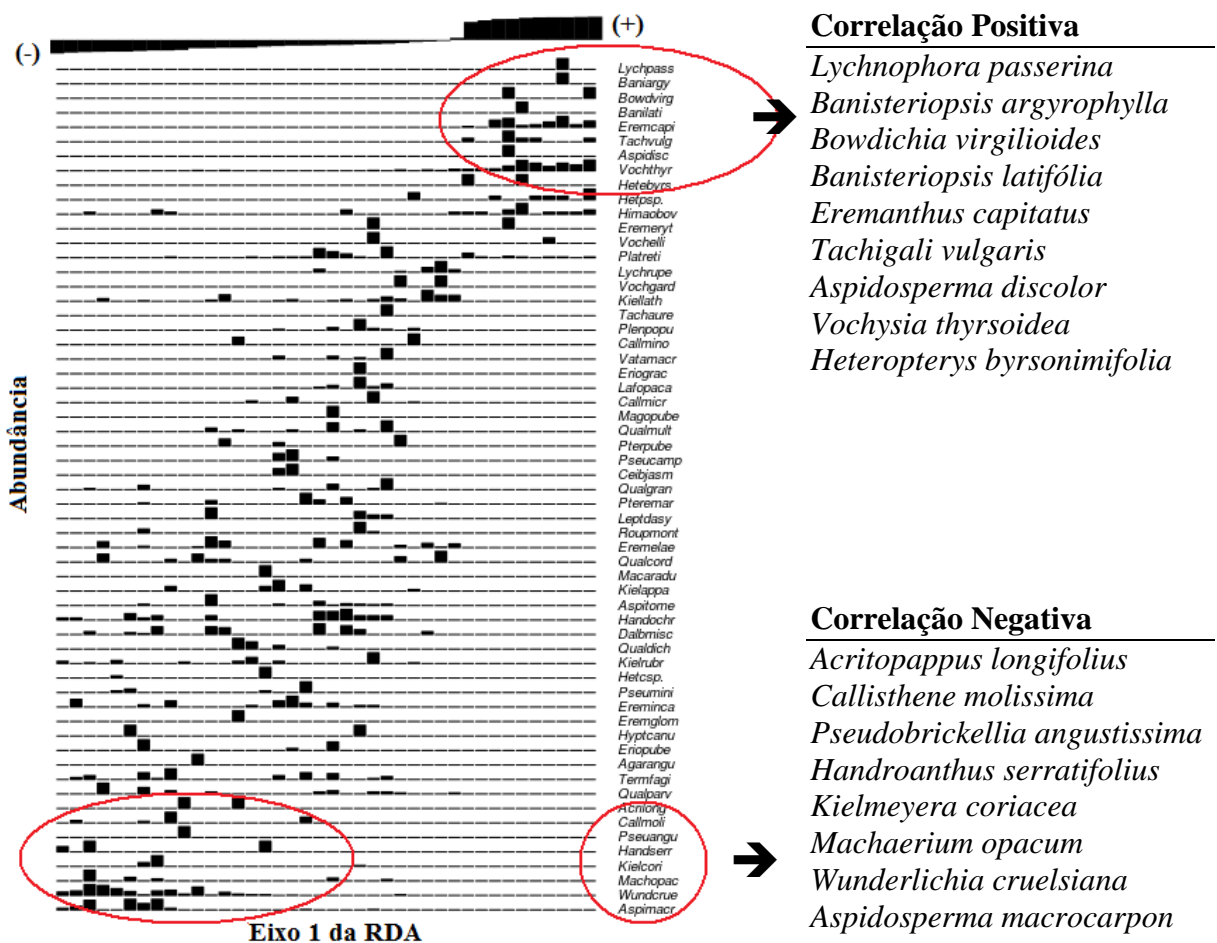
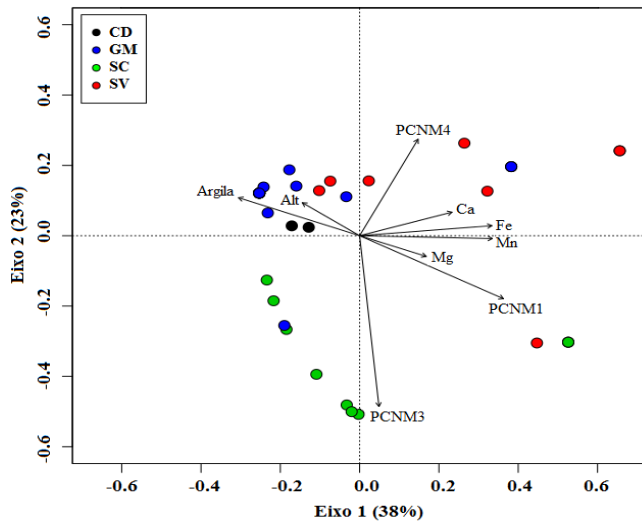


Figura 3.6 Ordenação Direta da substituição das espécies arbustivo-arbóreas anemocóricas e suas abundâncias nas áreas de Cerrado Rupestre ao longo da Cadeia do Espinhaço em relação ao eixo 1 da RDAanemo. Os nomes das espécies estão abreviados na figura, Ex: Lychpass = *Lychnophora passerina*.

Os eixos 1 e 2 da RDA_{auto} explicam 61% da correlação dos dados (Figura 3.7). Sem formar grupos, observamos a distribuição das espécies autocóricas por toda a Cadeia, sempre com grandes populações (Figura 3.8).



Filtros espaciais	F _(3,30)	P
PCNM 1	4,37	0,0020
PCNM 3	4,37	0,0008
PCNM 4	4,01	0,0025
Variáveis ambientais	F _(6,30)	P
Argila	2,66	0,0222
Ferro (Fe)	2,80	0,0180
Manganês (Mn)	3,26	0,0185
Cálcio (Ca)	2,93	0,0141
Magnésio (Mg)	2,21	0,0398
Altitude das áreas (Alt)	2,25	0,0394

Figura 3.7 Diagrama de ordenação (RDA_{auto}) das unidades amostrais com as espécies autocóricas das áreas de Cerrado Rupestre amostradas na Cadeia do Espinhaço e as variáveis significativas selecionadas pela RDA_{auto}. Chapada Diamantina (CD), Grão-Mogol (GM), Serra do Cipó (SC) e Sempre-Vivas (SV), PCNM = filtros espaciais

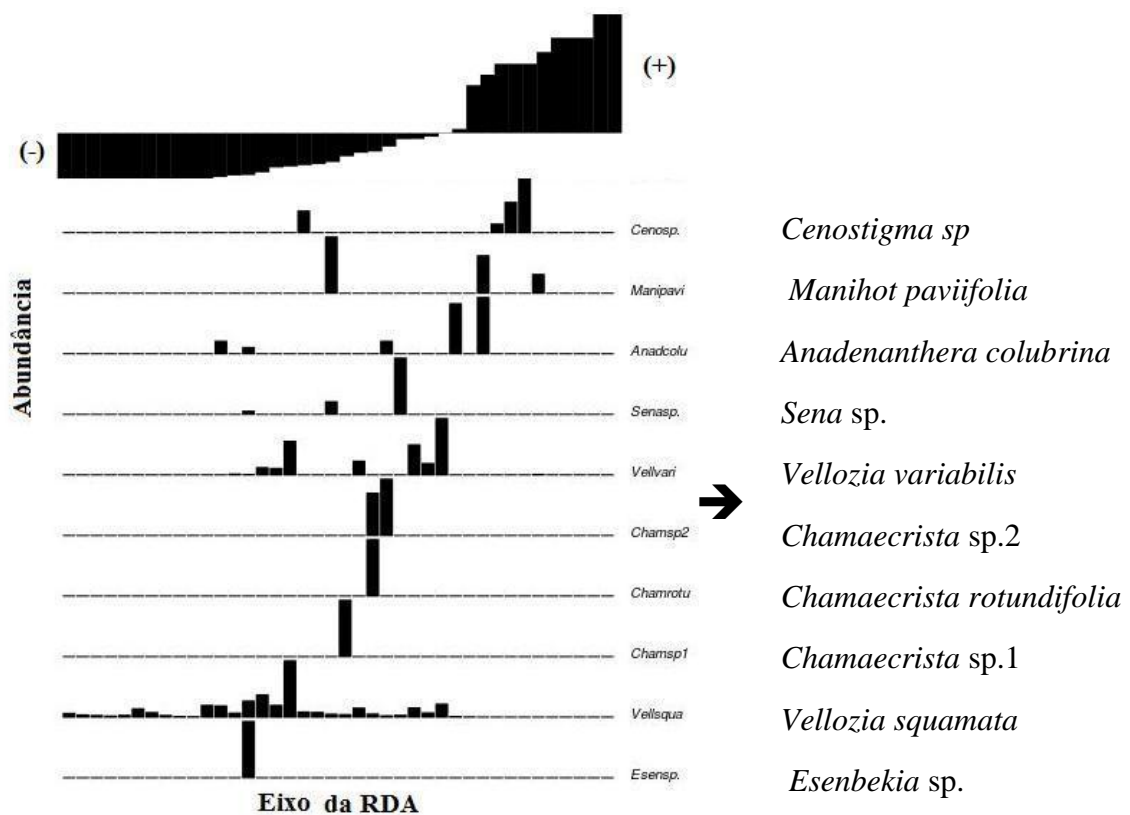


Figura 3.8 Ordenação Direta da substituição das espécies arbustivo-arbóreas autocóricas e suas abundâncias nas áreas de Cerrado Rupestre ao longo da Cadeia do Espinhaço, em relação ao eixo 1 da RDA. Os nomes das espécies estão abreviado na figura, Ex: Dimomll = *Dimorphandra mollis*

As espécies autocóricas representam apenas 8% do total de espécies arbustivo-arbóreas, mas detêm as maiores populações (38% dos indivíduos), principalmente as *Vellozias*, encontram-se agregadas nas áreas, mas sem um padrão de distribuição bem definido ao longo da Cadeia. Além das variáveis significativas observadas para toda a comunidade (argila e altitude), este grupo apresenta relação importante com componentes do solo (ferro, manganês, cálcio e magnésio).

3.4. DISCUSSÃO

Constatamos que a teoria neutra (HUBBELL, 2001) explica melhor a distribuição da vegetação arbustivo-arbórea na Cadeia do Espinhaço. O espaço foi o preditor mais importante na distinção das espécies ao longo da Cadeia, independente da escala (comunidade completa ou grupos de dispersão). Entretanto, com menor porcentagem de explicação, o preditor ambiente também foi significativo para esta distinção, o que significa que a teoria de nicho (HUTCHINSON, 1957) também atua sobre a vegetação desta formação de montanhas. Portanto, acreditamos que é a interação entre os fatores espacial e ambiental que realmente determinam a vegetação arbustivo arbórea do Cerrado Rupestre.

Verificamos que os dois extremos da Cadeia do Espinhaço têm composição e estrutura diferentes da porção central. A Chapada Diamantina (extremo norte) aparece isolada das demais áreas devido à atuação do espaço geográfico e por apresentar maior altitude, porcentagem de argila e teor de fósforo no solo. A altitude cria barreiras que influenciam o microclima, velocidade do vento e a precipitação; portanto, regiões com diferentes cotas altimétricas apresentam composição florística e estrutura distintas (FELFILI; SILVA JÚNIOR, 1993; CASTRO et al., 1999). Devido às características edáficas comuns do Cerrado, onde a disponibilidade de nutrientes são escassos (REATTO et al., 2008), uma pequena quantidade destes elementos acima do que geralmente é encontrado pode ter reflexo sobre a composição e estrutura da vegetação (RUGGIERO et al., 2002). O fósforo está entre os nutrientes mais requeridos pelos vegetais, e sua disponibilidade é naturalmente baixa em solos arenosos com pouca matéria orgânica (FRANCO et al., 1992; RESENDE et al., 2005), portanto, solos com mais argila retem mais fósforo (LEAL; VELOSO, 1973; NOVAIS; SMYTH, 1999). Assim a composição florística diferenciada do Cerrado Rupestre na Chapada Diamantina em relação às demais áreas se deve tanto ao efeito do espaço quanto do ambiente.

No entanto a Serra do Cipó (extremo sul da Cadeia) distingue-se das demais áreas devido apenas à atuação do espaço. A distância geográfica (espaço) entre as áreas influencia sua similaridade florístico-estrutural (RODRÍGUEZ; ARITA, 2004), pois, áreas mais

próximas são mais semelhantes do que áreas distantes (SANTOS et al., 2007; GIEHL et al., 2011). A distância entre as áreas é importante porque influencia a capacidade de dispersão das espécies (PRADO; GIBBS, 1993; OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 1995, 2000; OLIVEIRA-FILHO; FONTES, 2000; SOININEN et al., 2007). Além desta influência direta, o espaço exerce grande controle sobre as variáveis ambientais, uma vez que, clima, solo e relevo se modificam ao longo do espaço geográfico (HAWKINS et al., 2003).

O agrupamento das duas áreas localizadas na região central da Cadeia do Espinhaço (Sempre Vivas e Grão Mogol) se deve tanto à maior concentração de alumínio e maior acidez dos solos quanto a maior proximidade dessas duas áreas. Estas características edáficas da porção central da Cadeia são consequência de sua localização, ela está inserida no bioma Cerrado, onde tais características são bastante comuns. Em geral os solos do Cerrado são antigos, bastante lixiviados, com baixa disponibilidade de nutrientes, ácidos e com alta concentração de alumínio (REATTO et al., 2008). Diferentes propriedades do solo selecionam espécies vegetais com características e necessidades distintas (BATALHA, 2011) e é consenso que as variações na flora do Cerrado estão relacionadas, entre outros fatores, ao teor de alumínio disponível (EITEN, 1972; HARIDASAN, 2000; RUGGIERO et al., 2002). O alumínio presente em grandes quantidades no solo é tóxico para a maioria das plantas, porém, muitas espécies do Cerrado são adaptadas a essa condição, e algumas são acumuladoras obrigatórias desse elemento (HARIDASAN, 2005, 2008), portanto ocorrem onde este recurso é mais abundante.

Verificamos ainda que os preditores espaço e ambiente, não atuam da mesma forma sobre as espécies com distintas síndromes de dispersão e, deste modo, acreditamos que a comunidade deve ser analisada em grupos funcionais menores, para que o entendimento da atuação destes preditores seja mais consistente e esclarecedor. A distribuição das espécies anemocóricas segue o mesmo padrão e está sob influência principalmente do espaço e das mesmas variáveis ambientais já mencionadas para a comunidade arbustivo-arbórea. Acreditamos que a estrutura espaçada da vegetação do Cerrado (RIBEIRO; WALTER, 2008) e a altitude das áreas, comum na Cadeia do Espinhaço (GONTIJO, 2008), sejam os fatores mais importantes para este grupo de dispersão. Pois, como dependem do vento para dispersar suas sementes, quanto mais esparsa a vegetação e mais alta a área, maior a chance de dispersão (OLIVEIRA; MOREIRA, 1992).

Além do espaço e das variáveis ambientais já discutidas para toda a comunidade arbustivo-arbóreas, encontramos variáveis ambientais exclusivas na determinação da distribuição das espécies zoocóricas e autocóricas. As espécies dispersas pela fauna

apresentam distribuição correlacionada com o relevo (declividade do terreno e cobertura de rochas expostas). Acreditamos que a íntima relação entre as espécies zoocóricas e a fauna pode ser dificultada (obstáculos) ou facilitada (abrigo e moradia) pelas características próprias do ambiente rupestre (BENITES et al., 2003), mas a relação fauna e flora exige estudos mais aprofundados, que estão além do objetivo deste trabalho.

As espécies autocóricas não dependem de fatores bióticos ou abióticos para dispersar e com autodispersão não conseguem lançar as sementes muito longe da planta mãe (WILLSON, 1993), além disso, estas espécies têm frutos secos e grande número de sementes (VAN DER PIJL, 1982) o que justifica suas grandes populações. Estas espécies têm correlação com alguns componentes do solo (ferro, manganês, cálcio e magnésio). A retenção de ferro e manganês aumenta com a maior umidade (BINGHAM et al., 1976; BINGHAM, 1985), portanto, locais com mais espécies autocóricas provavelmente são mais úmidos. O manganês apresenta toxidez para algumas espécies de plantas (HARIDASAN, 2008), mas aquelas adaptadas têm vantagem na ocupação das áreas com esta característica, o que parece ser o caso das espécies autocóricas. A relação cálcio e magnésio no solo é importante porque estes dois elementos competem entre si e esta competição afeta o desenvolvimento das plantas (MOREIRA et al., 1999). A presença excessiva de um deles pode prejudicar os processos de absorção do outro (ORLANDO FILHO et al., 1996). Portanto, solos onde estes elementos estão em equilíbrio são melhores para o desenvolvimento das plantas.

3.5. CONCLUSÃO

Constatamos que os preditores espaço e ambiente explicam bem a distribuição das espécies arbustivo-arbóreas no Cerrado Rupestre na Cadeia do Espinhaço. Porém, o preditor espaço foi mais importante na diferenciação das espécies, tanto para as comunidades como um todo, como para os grupos de dispersão. Apesar da menor porcentagem de explicação, o preditor ambiente foi significativo e, portanto, também é importante na distribuição da vegetação.

Verificamos também que os preditores não atuam da mesma forma sobre todas as espécies. Além do espaço, altitude e das variáveis edáficas (teor de argila e fósforo e teor de alumínio e pH) que influenciam a distribuição de toda a comunidade e das espécies anemocóricas. Características do micro-relevo (declividade do terreno e cobertura de rochas expostas) influenciam a distribuição das espécies zoocóricas e característica edáficas específicas (teor de ferro, manganês, cálcio e magnésio) determinam o sucesso de estabelecimento das espécies autocóricas. Espécies que integram os grupos das zoocóricas e

anemocóricas apresentam correlação negativa ou positiva com as variáveis ambientais significativas e esta correlação determina sua distribuição ao longo da Cadeia. Já as espécies autocóricas não formam grupos bem definidos, mas todas elas necessitam de nutrientes específicos do solo para garantir sua permanência nas áreas e sustentar suas grandes populações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, M. F.; PINTO, J. R. R.; MARACAHIPES, L.; et al. Influence of edaphic variables on the floristic composition and structure of the tree-shrub vegetation in typical and rocky outcrop cerrado areas in Serra Negra, Goiás State, Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 35, n. 3, p. 259–272, 2012.
- ACKERLY, D. D. Community Assembly, Niche Conservatism, and Adaptive Evolution in Changing Environments. **International Journal of Plant Sciences**, v. 164, n. S3, p. S165–S184, 2003. Disponível em: <<http://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/368401>>. .
- ADLER, P. B.; FAJARDO, A.; KLEINHESSELINK, A. R.; KRAFT, N. J. B. Trait-based tests of coexistence mechanisms. **Ecology Letters**, v. 16, n. 10, p. 1294–1306, 2013.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. Disponível em: <<http://openurl.ingenta.com/content/xref?genre=article&issn=0941-2948&volume=22&issue=6&spage=711>>. .
- ALVES, R. J. V.; SILVA, N. G.; OLIVEIRA, J. A.; MEDEIROS, D. Circumscribing campo rupestre - megadiverse Brazilian rocky montane savanas. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 2, p. 355–362, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842014000200355&lng=en&nrm=iso&tlng=en>. .
- AMARAL, A. G.; PEREIRA, F. F. O.; MUNHOZ, C. B. R. Fitossociologia de uma área de cerrado rupestre na Fazenda Sucupira, Brasília-DF. **Cerne**, v. 12, n. 4, p. 350–359, 2006. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/744/74412407.pdf>>. .
- AMORIM, J. R. A.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; AZEVEDO, N. C. Efeito da salinidade e modo de aplicação da água de irrigação no crescimento e produção de alho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 2, p. 167–176, 2002.
- AMORIM, P. K.; BATALHA, M. A. Soil-vegetation relationships in hyperseasonal cerrado, seasonal cerrado, and wet grassland in Emas National Park (central Brazil). **Acta Oecologica**, v. 32, n. 3, p. 319–327, 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1146609X07000872>>. .
- ANDERBERG, A. A.; BALDWIN, B. G.; BAYER, R. G.; et al. Compositae. In: J. W. Kadereit; C. Jeffrey (Eds.); **The Families and Genera of Vascular Plants**. p.61–588, 2007. Berlin: Springer.
- ANDERSON, M. J. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. **Austral Ecology**, v. 26, n. 1, p. 32–46, 2001. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1442-9993.2001.tb00081.x>>. .

- ANDERSON, M. J. Distance-Based Tests for Homogeneity of Multivariate Dispersions. **Biometrics**, v. 62, n. 1, p. 245–253, 2006. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1541-0420.2005.00440.x>>. .
- ANDRADE, P. M.; GONTIJO, T. A.; GRANDI, T. S. M. Composição florística e aspectos estruturais de uma área de Campo Rupestre do Morro do Chapéu, Nova Lima, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 9, n. 1, p. 13–21, 1986.
- ANDRINO, C. O.; COSTA, F. N. Paepalanthus subgen. Xeractis (Eriocaulaceae) na porção central da Cadeia do Espinhaço em Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, v. 64, n. 1, p. 75–89, 2013.
- ANDRINO, C. O.; COSTA, F. N.; SANO, P. T. O gênero Paepalanthus Mart. (Eriocaulaceae) no Parque Estadual do Biribiri, Diamantina, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, v. 66, n. 2, p. 393–419, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2175-78602015000200393&lng=pt&nrm=iso&tlng=en>. .
- APG III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 161, n. 2, p. 105–121, 2009. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x>>. .
- ARRUDA, M. B.; PROENÇA, C. E. B.; RODRIGUES, S. C.; et al. Ecorregiões, Unidades de Conservação e Representatividade Ecológica do Bioma Cerrado. In: S. M. Sano; S. P. Almeida (Eds.); **Cerrado: ecologia e flora**. 1st ed., p.265–269, 2008. Planatina: Empraba Cerrados.
- BATALHA, M. A. O cerrado não é um bioma. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 1, p. 21–24, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-06032011000100001&lng=pt&nrm=iso&tlng=en>. .
- BELO, R. M.; NEGREIROS, D.; FERNANDES, G. W.; et al. Fenologia reprodutiva e vegetativa de arbustos endêmicos de campo rupestre na Serra do Cipó, Sudeste do Brasil. **Rodriguésia**, v. 64, n. 4, p. 817–828, 2013.
- BENITES, V. M.; CAIAFA, A. N.; MENDONÇA, E. S.; SCHAEFER, C. E.; KER, J. C. Solos e vegetação nos complexos Rupestres de altitude da Mantiqueira e do Espinhaço. **Floresta e Ambiente**, v. 10, n. 1, p. 76–85, 2003. Disponível em: <<http://www.floram.org/articles/view/id/4fedacc41ef1faef4900000a>>. .
- BINGHAM, F. T. Metal toxicity to agricultural crops. In: H. Sigel (Ed.); **Metal ions in biological systems**. p.119–156, 1985. New York: Marcel Dekker.
- BINGHAM, F. T.; PAGE, A. L.; MAHLER, R. J.; GANJE, T. J. Cadmium Availability to Rice in Sludge-amended Soil under “Flood” and “Nonflood” Culture1. **Soil Science Society of America Journal**, v. 40, n. June 1975, p. 715, 1976.

- BLANCHET, F. G. AEM: Package to construct asymmetric eigenvector maps. , 2014.
- BLANCHET, F. G.; LEGENDRE, P.; BORCARD, D. Forward selection of spatial explanatory variables. **Ecology**, v. 89, n. 9, p. 2623–2632, 2008.
- BOCARD, D.; GILLET, F.; LEGENDRE, P. **Applied Spatial Data Analysis with R**. New York, NY: Springer New York, 2011.
- BRAUN-BLANQUET, J. **Fitosociologia: Bases para el estudio de las comunidades vegetales**. Madri: Blume, 1979.
- BROOKS, D. R.; MCLENNAN, D. A. Historical Ecology: examining phylogenetic components of community evolution. In: R. E. Ricklefs; D. Schluter (Eds.); **Species Diversity in Ecological Communities**. Chicago ed., p.267–280, 1993. The University of Chicago Press.
- BROWN, J. H.; LOMOLINO, M. V. Concluding remarks: historical perspective and the future of island biogeography theory. **Global Ecology and Biogeography**, v. 9, n. 1, p. 87–92, 2000. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/2665371>>. .
- BROWN, J. H.; LOMOLINO, M. V. **Biogeografia**. Ribeirão Preto: FUNPEC Editora, 2006.
- BÜNGER, M. D. O.; STEHMANN, J. R.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Myrtaceae throughout the Espinhaço Mountain Range of centraleastern Brazil: floristic relationships and geoclimatic controls. **Acta Botanica Brasílica**, v. 28, n. 1, p. 109–119, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-33062014000100011&lng=en&nrm=iso&tlng=en>. .
- BUENO, M. L.; NEVES, D. R. M.; SOUZA, A. F.; et al. Influence of edaphic factors on the floristic composition of an area of cerrado in the Brazilian central-west. **Acta Botanica Brasílica**, v. 27, n. 2, p. 445–455, 2013.
- BURKE, A. Island - Matrix relationships in Nama Karoo inselberg landscapes. Part I: Do inselbergs provide a refuge for matrix species? **Plant Ecology**, v. 160, n. 1, p. 79–90, 2002a.
- BURKE, A. Island–matrix relationships in Nama Karoo inselberg landscapes Part II: Are some inselbergs better sources than others? **Plant Ecology**, v. 158, n. 1, p. 41–48, 2002b. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1023/A:1014791501882>>. .
- CAIAFA, A. N.; SILVA, A. F. Composição florística e espectro biológico de um campo de altitude no parque estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais – Brasil. **Rodriguésia**, v. 56, n. 87, p. 163–173, 2005.
- CASTRO, A. A. J. F.; MARTINS, F. R.; TAMASHIRO, J. Y.; SHEPHERD, G. J. How Rich is the Flora of Brazilian Cerrados? **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 86, n. 1, p. 192, 1999. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/2666220?origin=crossref>>. .
- CHAVE, J. The problem of pattern and scale in ecology: What have we learned in 20 years? **Ecology Letters**, v. 16, n. SUPPL.1, p. 4–16, 2013.
- CHAVES, M. L. S. C.; BENITEZ, L.; ANDRADE, K. W. Morro da Pedra Rica, Grão Mogol,

MG: Primeira Jazida de Diamantes Minerada em Rocha no Mundo. In: M. Winge; C. Schobbenhaus (Eds.); **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. p.1–10, 2006. Brasília: SIGEP.

CLEMENTS, F. E. **Research methods in ecology**. Lincoln: University of Nebraska Publishing Company, 1905.

COLE, M. M. The savannas of South America. In: M. M. Cole (Ed.); **The Savannas: biogeography and geobotany**. p.56–58, 1986. London: Academic Press.

COLLINSON, A. S. Tropical formations with conspicuous grasslands: savannas. In: S. A. Collinson (Ed.); **Introduction to World Vegetation**. p.232–248, 1988. London.

COLWELL, R. K. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. , 2008. Disponível em: <<http://www.purl.oclc.org/estimates>>. .

COLWELL, R. K.; HURTT, G. C. Nonbiological Gradients in Species Richness and a Spurious Rapoport Effect. **The American Naturalist**, v. 145, n. 5, p. 728–745, 1994.

CONCEIÇÃO, A. A.; FUNCH, L. S.; PIRANI, J. R. Reproductive phenology, pollination and seed dispersal syndromes on sandstone outcrop vegetation in the “Chapada Diamantina”, northeastern Brazil: population and community analyses. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 3, p. 475–485, 2007.

CONCEIÇÃO, A. A.; PIRANI, J. R. Delimitação de habitats em campos rupestres na Chapada Diamantina, Bahia: substratos, composição florística e aspectos estruturais. **Boletim de Botânica**, v. 23, n. 1, p. 85, 2005. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/bolbot/article/view/58325>>. .

CONCEIÇÃO, A. A.; PIRANI, J. R. Diversidade em quatro áreas de campos rupestres na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil: espécies distintas, mas riquezas similares. **Rodriguésia**, v. 58, n. 1, p. 193–206, 2007.

CONNELL, J. H.; ORIAS, E. The ecological regulation of species diversity. **American Naturalist**, v. 98, n. 903, p. 399–414, 1964.

COSTA, C. M. R.; HERRMANN, G.; MARTINS, C. S.; LINS, L. V; LAMAS, I. R. **Biodiversidade em Minas Gerais – Um Atlas para sua Conservação**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 1998.

COSTA, F. P. Campos Rupestres. In: A. C. Silva; L. C. V. S. F. Pedreira; P. A. A. Abreu (Eds.); **Serra do Espinhaço Meridional: paisagens e ambientes**. p.272, 2005. Belo Horizonte: O Lutador.

COSTA, H. A. O. **Fungos micorrízicos arbusculares em sempre-viva pé-de-ouro (Syngonanthus elegans (Bong.) Ruhland.)**, 2008. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

CREWS, T. E. The presence of nitrogen fixing legumes in terrestrial communities:

Evolutionary vs ecological considerations. **Biogeochemistry**, v. 46, n. 1, p. 233–246, 1999.
Disponível em:

<<http://link.springer.com/article/10.1023/A:1006141221938\papers2://publication/uuid/10C6AD49-66BC-4A42-958F-42EF1B8633B0>>. .

DANTAS, V. D. L.; BATALHA, M. A. Vegetation structure: Fine scale relationships with soil in a cerrado site. **Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 206, n. 4, p. 341–346, 2011.

DINIZ-FILHO, J. A. F.; SIQUEIRA, T.; PADIAL, A. A.; et al. Spatial autocorrelation analysis allows disentangling the balance between neutral and niche processes in metacommunities. **Oikos**, v. 121, n. 2, p. 201–210, 2012.

DOBZHANSKY, T. Evolution in the tropics. **American Scientist**, v. 38, n. 2, p. 209–221, 1950.

DRAY, S. spacemaker: Spatial modelling. , 2013. R package version 0.0-5/r113.

DRAY, S.; BLANCHET, F. G.; LEGENDRE, P. packfor: Forward Selection with permutation (Canoco p.46). , 2013. R package version 0.0-8/r109.

DRAY, S.; PÉLISSIER, R.; COUTERON, P.; et al. Community ecology in the age of multivariate multiscale spatial analysis. **Ecological Monographs**, v. 82, n. 3, p. 257–275, 2012. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1890/11-1183.1>>. .

DRUMMOND, G. M.; MARTINS, C. S.; MACHADO, A. B.; SEBAIO, F. A.; ANTONINI, Y. **Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversistas, 2005.

DURIGAN, G.; RATTER, J. A. Successional Changes in Cerrado and Cerrado/Forest Ecotonal Vegetation in Western São Paulo State, Brazil, 1962–2000. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 63, n. 01, p. 119, 2006.

DURIGAN, G.; RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; SIQUEIRA, M. F.; FRANCO, G. A. D. C. Padrões fitogeográficos do cerrado paulista sob uma perspectiva regional. **Hoehnea**, v. 30, n. 1, p. 39–51, 2003. Disponível em: <[http://www.ibot.sp.gov.br/publicacoes/hoehnea/vol30/resumo_f30_1\(4\).pdf](http://www.ibot.sp.gov.br/publicacoes/hoehnea/vol30/resumo_f30_1(4).pdf)>. .

EISENLOHR, P. V. Challenges in data analysis: Pitfalls and suggestions for a statistical routine in Vegetation Ecology. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 36, n. 1, p. 83–87, 2013.

EITEN, G. The cerrado vegetation of Brazil. **The Botanical Review**, v. 38, n. 2, p. 201–341, 1972. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/BF02859158>>. .

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

EMBRAPA, E. B. D. P. A. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1997.

ESRI. ArcGis. , 2012. California: ESRI.

FARR, T. G.; KOBRICK, M. Shuttle Radar Topography Mission produces a wealth of data. **Eos, Transactions American Geophysical Union**, v. 81, n. 48, p. 583–585, 2000.

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

FELFILI, J. M.; FAGG, C. W. Floristic composition, diversity and structure of the “cerrado” sensu stricto on rocky soils in northern Goiás and southern Tocantins, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 3, p. 375–385, 2007.

FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C. A comparative study of Cerrado (Sensu stricto) Vegetation in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 9, n. 3, p. 277–289, 1993. Disponível em: <dx.doi.org/10.1017/S0266467400007306>. .

FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C.; RESENDE, A. V.; et al. O projeto biogeografia do bioma cerrado: hipóteses e padronização da metodologia. In: I. Garay; B. Dias (Eds.); **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais**. 1st ed., p.157–173, 2001. Petropolis: Vozes.

FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C.; SEVILHA, A. C.; et al. Diversity, floristic and structural patterns of cerrado vegetation in Central Brazil. **Plant Ecology formerly 'Vegetatio'**, v. 175, n. 1, p. 37–46, 2004. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1023/B:VEGE.0000048090.07022.02>>. .

FILGUEIRAS, T. S. Herbaceous plant communities. In: P. S. Oliveira; R. J. Marquis (Eds.); **The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna**. p.122–139, 2002. New York: Columbia University Press.

FISCHER, A. G. Latitudinal variations in organic diversity. **Evolution**, v. 14, n. 1, p. 64–81, 1960. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/2405923>>. .

FONSECA, D. S. R.; LESSA, S. N. Um breve diagnóstico ambiental do Parque Estadual de Grão Mogol (MG) e seu contexto espacial. **Caminhos de Geografia**, v. 11, n. 35, p. 260–274, 2010.

FORZZA, R. C. Lista de Espécies da Flora do Brasil. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br>>. Acesso em: 20/5/2015.

FRANCO, A. A.; CAMPELO, E. F. C.; DIAS, L. E.; FARIA, S. M. Revegetação de solos degradados. , 1992. Seropédica: EMBRAPA-CNPBS.

FRANCO, A. C. Ecophysiology of wood plants. In: P. S. Oliveira; R. J. Marquis (Eds.); **The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. p.178–198, 2002. Columbia University Press.

FRANÇOSO, R.; BRANDÃO, R.; NOGUEIRA, C. C.; et al. Habitat loss and the

effectiveness of protected areas in the Cerrado biodiversity hotspot. **Natureza & Conservação**, v. 3, p. 35–40, 2015. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1679007315000031>>. .

FRANÇOSO, R. D. **Padrões biogeográficos e composição das comunidades arbóreas do cerrado brasileiro** ICB/UnB, 2014. Universidade de Brasília.

FUNCH, R. Um guia para o visitante da Chapada Diamantina: o circuito do diamante. , 1997. Salvador: Empresa Gráfica da Bahia.

FURLEY, P. A. The nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. **Global Ecology and Biogeography**, v. 8, n. 3-4, p. 223–241, 1999. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1046/j.1466-822X.1999.00142.x>>. .

FURLEY, P. A.; RATTER, J. A. Soil Resources and Plant Communities of the Central Brazilian Cerrado and Their Development. **Journal of Biogeography**, v. 15, n. 1, p. 97, 1988. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/2845050?origin=crossref>>. .

GEOMINAS. Dados sobre Minas. Disponível em: <www.geominas.mg.gov.br>. Acesso em: 20/5/2015.

GIEHL, E. L. H.; BUDKE, J. C.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; JARENKOW, J. A. Variações florísticas e relação com variáveis geográficas e climáticas em florestas ribeirinhas do sudeste da América do Sul. In: J. M. Felfili; P. V Eisenlohr; M. M. R. F. Melo; L. A. Andrade; J. A. A. Meira-Neto (Eds.); **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de casos**. p.504–519, 2011. Viçosa: Editora UFV.

GIRAUDOUX, P. **pgirmess: Data Analysis in Ecology**. , 2016. Disponível em: <<http://cran.r-project.org/package=pgirmess>>. .

GIULIETTI, A. M.; MENEZES, N. L.; PIRANI, J. B.; MAGURO, M.; WANDERLEY, M. G. L. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: caracterização e lista de espécies. **Boletim de Botânica**, v. 9, p. 1–151, 1987.

GIULIETTI, A. M.; PIRANI, J. R.; HARLEY, R. M. Espinhaço Range Region, Eastern Brazil. In: S. D. Davis; V. H. Heywood; O. Hererra-Macbride; J. Villa-Lobos; A. C. Hamilton (Eds.); **Centres of plant diversity: a guide and strategy for their conservation**. p.397–404, 1997. Cambridge: IUCN Publication Unity.

GOMES, L.; LENZA, E.; MARACAHIPES, L.; MARIMON, B. S.; OLIVEIRA, E. A. Comparações florísticas e estruturais entre duas comunidades lenhosas de cerrado típico e cerrado rupestre, Mato Grosso, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 4, p. 865–875, 2011.

GONTIJO, B. M. Uma geografia para a Cadeia do Espinhaço. **Megadiversidade**, v. 4, n. 1-2, p. 7–15, 2008.

GOODLAND, R. A. Análise ecológica da vegetação do cerrado. In: R. A. Goodland; M. G. Ferri (Eds.); **Ecologia do Cerrado**. p.61–171, 1979. São Paulo: Itatiaia.

- GOODLAND, R.; POLLARD, R. The Brazilian Cerrado Vegetation: A Fertility Gradient. **The Journal of Ecology**, v. 61, n. 1, p. 219, 1973. Disponível em: <[http://links.jstor.org/sici?sici=0022-0477\(197303\)61:1<219:TBCVAF>2.0.CO;2-D](http://links.jstor.org/sici?sici=0022-0477(197303)61:1<219:TBCVAF>2.0.CO;2-D)>. .
- GOTELLI, N. J.; COLWELL, R. K. Quantifying biodiversity: Procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. **Ecology Letters**, v. 4, n. 4, p. 379–391, 2001.
- GOTTSBERGER, G.; SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. **Life in the Cerrado: a South American Tropical Seasonal Vegetation**. Ulm: Reta Verlag, 2006.
- GOWER, J. C. Some distance properties of latent root and vector methods used in multivariate analysis. **Biometrika**, v. 53, p. 325–338, 1966.
- GRAVEL, D.; CANHAM, C. D.; BEAUDET, M.; MESSIER, C. Reconciling niche and neutrality: The continuum hypothesis. **Ecology Letters**, v. 9, n. 4, p. 399–409, 2006.
- GRESSLER, E.; PIZO, M. A.; MORELLATO, L. P. C. Polinização e dispersão de sementes em Myrtaceae do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 4, p. 509–530, 2006.
- GRIFFITH, D. A.; PERES-NETO, P. R. Spatial modeling in ecology: the flexibility of eigenfunction spatial analyses. **Ecology**, v. 87, n. 10, p. 2603–13, 2006. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17089668>>. .
- GRINNELL, J. The Niche-Relationships of the California Thrasher. **The Auk**, v. 34, n. 4, p. 427–433, 1917. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/info/10.2307/4072271>>. .
- GRÖGER, A.; HUBER, O. Rock outcrop habitats in the Venezuelan Guayana lowlands: their main vegetation types and floristic components. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 4, p. 599–609, 2007.
- GUREVITCH, J.; SCHEINER, S. M.; FOX, G. A. **Ecologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, n. 1, p. 54–64, 2000.
- HARIDASAN, M. Nutrient cycling as a function of landscape and biotic characteristics in the cerrado of central Brazil. In: M. E. McClain; R. L. Victoria; J. E. Richey (Eds.); **Biogeochemistry of the Amazon basin and its role in a changing world**. p.68–83, 2001. New Yorque: Oxford University Press.
- HARIDASAN, M. Competição por nutrientes em espécies arbóreas do cerrado. In: A. Scariot; J. C. Sousa-Silva; J. M. Felfili (Eds.); **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. p.167–178, 2005. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- HARIDASAN, M. Solos. In: J. M. Felfili; A. V. Resende; M. C. Silva Júnior (Eds.); **Biogeografia do bioma Cerrado: Vegetação e solos da Chapada dos Veadeiros**. p.25–43, 2007. Brasília: Editora Universidade de Brasília/Finattec.

- HARIDASAN, M. Nutritional adaptations of native plants of the cerrado biome in acid soils. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 20, n. 3, p. 183–195, 2008.
- HARLEY, R. M. Introduction. **Flora of the Pico das Almas, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil**. p.1–42, 1995. Kent: Royal Botanic Gardens.
- HARLEY, R. M.; SIMMONS, N. A. **Florula of Mucuge. Chapada Diamantina – Bahia, Brazil**. London: Royal Botanic Gardens, 1986.
- HATSCHBACH, G.; GUARÇONI, E. A. E.; SARTORI, M. A.; RIBAS, O. S. Aspectos fisionômicos da vegetação da Serra do Cabral - Minas Gerais - Brasil. **Boletim do Museu Botânico Municipal**, v. 67, p. 1–33, 2006.
- HAWKINS, B. A.; FIELD, R.; CORNELL, H. V; et al. Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness. **Ecology**, v. 84, p. 3105–3117, 2003.
- HIJMANS, R. J.; CAMERON, S. E.; PARRA, J. L.; JONES, P. G.; JARVIS, A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v. 25, n. 15, p. 1965–1978, 2005. Disponível em: <http>. .
- HIND, D. J. N. Compositae. In: B. L. Stannard (Ed.); **Flora of Pico das Almas - Chapada Diamantina, Bahia, Brazil**. p.175–278, 1995. Royal Botanic Gardens.
- HOLLANDER, M.; WOLFE, D. A. **Nonparametric Statistical Methods**. New York, NY: John Wiley & Sons, 1973.
- HOSOKAWA, R. T. **Manejo de florestas tropicais úmidas em regime de rendimento sustentado**. Curitiba: UFPR, 1981.
- HUBBELL, S. P. **The unified neutral theory of Biodiversity and Biogeography**. Princeton: Princeton University Press, 2001.
- HUBBELL, S. P. Neutral theory in community ecology and the hypothesis of functional equivalence. **Functional Ecology**, v. 19, n. 1, p. 166–172, 2005. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.0269-8463.2005.00965.x>. .
- HUGHES, C. E.; PENNINGTON, R. T.; ANTONELLI, A. Neotropical Plant Evolution: Assembling the Big Picture. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 171, n. 1, p. 1–18, 2013. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1111/boj.12006>. .
- HUTCHINSON, G. E. Population studies – animal ecology and demography – concluding remarks. **Cold Spring Harbor Symposium Quantitative Biology**, v. 22, p. 415–427, 1957.
- IBAMA. Plano operativo de prevenção e combate aos incêndios do Parque Nacional de Sempre -Vivas / MG. , 2006. Diamantina: Centro Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais.
- IBGE. IBGE Cidades. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=312780>. Acesso em: 20/5/2015.
- ICMBIO. Plano de Manejo para o Parque Nacional da Chapada Diamantina. , 2007. IBAMA.

ICMBIO. Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra do Cipó. , 2009. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade.

ISHARA, K. L.; MAIMONI-RODELLA, R. C. S. Pollination and dispersal systems in a cerrado remnant (Brazilian savanna) in southeastern Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 54, n. 3, p. 629–642, 2011.

JACOBI, C. M.; CARMO, F. F. DO. Life-forms, pollination and seed dispersal syndromes in plant communities on ironstone outcrops, SE Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 2, p. 395–412, 2011.

JANZEN, D. H. Herbivores and the Number of Tree Species in Tropical Forests. **American Naturalist**, v. 104, n. 940, p. 501–528, 1970. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/2459010>>. .

JOLY, C. A.; AIDAR, M.; KLINK, C. A.; et al. Evolution of the Brazilian phytogeography classification systems: implications for biodiversity conservation. **Ciencia e Cultura**, v. 51, n. 5, p. 331–348, 1999. Disponível em: <[http://files.pedroeisenlohr.webnode.com.br/200000482-20d1121cac/Joly et al. 1999.pdf](http://files.pedroeisenlohr.webnode.com.br/200000482-20d1121cac/Joly%20et%20al.%201999.pdf)>. .

KAMINO, L. H. Y.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; STEHMANN, J. R.; KAMINO, Y. Relações florísticas entre as fitofisionomias florestais da Cadeia do Espinhaço , Brasil. **Megadiversidade**, v. 4, n. 1-2, p. 39–49, 2008.

KÄMPF, N.; SCHWERTMANN, U. Goethite and hematite in a climosequence in southern Brazil and their application in classification of kaolinitic soils. **Geoderma**, v. 29, n. 1, p. 27–39, 1983.

KARGER, D. N.; WEIGELT, P.; AMOROSO, V. B.; et al. Island biogeography from regional to local scales: evidence for a spatially scaled echo pattern of fern diversity in the Southeast Asian archipelago. (K. Triantis, Ed.) **Journal of Biogeography**, v. 41, n. 2, p. 250–260, 2014. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/jbi.12209>>. .

KENT, M.; COKER, P. **Vegetation description and analysis: A practical approach**. London: Belhaven Press, 1992.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 707–713, 2005. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1523-1739.2005.00702.x>>. .

LAMBRINOS, J. G.; KLEIER, C. C.; RUNDEL, P. W. Plant community variation across a puna landscape in the Chilean Andes. **Revista Chilena de Historia Natural**, v. 79, n. 2, p. 233–243, 2006.

LANDEIRO, V. L.; HAMADA, N.; MELO, A. S. Responses of aquatic invertebrate assemblages and leaf breakdown to macroconsumer exclusion in Amazonian “terra firme” streams. **Fundamental and Applied Limnology**, v. 172, n. 1, p. 49–58, 2008.

LAVERGNE, S.; GARNIER, E.; DEBUSSCHE, M. Do rock endemic and widespread plant

- species differ under the Leaf-Height-Seed plant ecology strategy scheme? **Ecology Letters**, v. 6, n. 5, p. 398–404, 2003.
- LEAL, J. R.; VELOSO, A. C. S. Adsorção de fosfato em Latossolo sob vegetação de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 8, p. 81–88, 1973.
- LEÃO, N. V. M.; OHASHI, S. T.; FREITAS, A. D. D.; et al. Colheita de Sementes e Produção de Mudanças de Espécies Florestais Nativas. , 2011. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental.
- LEGENDRE, P.; BORCARD, D.; ROBERTS, D. W. Variation partitioning involving orthogonal spatial eigenfunction submodels. **Ecology**, v. 93, n. 5, p. 1234–1240, 2012.
- LEGENDRE, P.; GALLAGHER, E. D. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. **Oecologia**, v. 129, n. 2, p. 271–280, 2001.
- LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical Ecology**. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier Science, 1998.
- LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical ecology**. Amsterdam: Elsevier Science, 2012.
- LEHMANN, C. E. R.; ANDERSON, T. M.; SANKARAN, M.; et al. Savanna Vegetation-Fire-Climate Relationships Differ Among Continents. **Science**, v. 343, n. 6170, p. 548–552, 2014. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24482480>>. .
- LEHMANN, C. E. R.; ARCHIBALD, S. A.; HOFFMANN, W. A.; BOND, W. J. Deciphering the distribution of the savanna biome. **The New phytologist**, v. 191, n. 1, p. 197–209, 2011. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21463328>>. .
- LEIBOLD, M. A.; ECONOMO, E. P.; PERES-NETO, P. Metacommunity phylogenetics: Separating the roles of environmental filters and historical biogeography. **Ecology Letters**, v. 13, n. 10, p. 1290–1299, 2010.
- LENZA, E.; PINTO, J. R. R.; PINTO, A. D. S.; MARACAHIPES, L.; BRUZIGUESSI, E. P. Comparação da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de cerrado rupestre na Chapada dos Veadeiros, Goiás, e áreas de cerrado sentido restrito do Bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 34, n. 3, p. 247–259, 2011.
- LIMA, T. A.; PINTO, J. R. R.; LENZA, E.; PINTO, A. D. S. Florística e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea em uma área de cerrado rupestre no parque estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 2, p. 159–166, 2010.
- LONGHI-WAGNER, H. M.; ARAUJO, A. C. Flora fanerogâmica da Serra do Ouro Branco, Minas Gerais, Brasil: Cyperaceae. **Rodriguésia**, v. 65, n. 2, p. 369–404, 2014.
- LOPES, J. F. B.; ANDRADE, E. M.; CHAVES, L. C. G. Impacto da irrigação sobre os solos de perímetros irrigados na Bacia do Acaraú, Ceará, Brasil. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 1, p. 34–43, 2008.
- MACARTHUR, R. H. Patterns of species diversity. **Biological Reviews**, 1965. Disponível

em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-185X.1965.tb00815.x>>. .

MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. An Equilibrium Theory of Insular Zoogeography. **Evolution**, v. 17, n. 4, p. 373, 1963. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/2407089?origin=crossref>>. .

MACCUNE, B.; GRACE, J. B. *Analysis of Ecological Communities*. , 2002. Oregon: MjM Software Design.

MACHADO, C. G. *Biodiversidade e conservação da Chapada Diamantina*. , 2005. Brasília: Ministerio do Meio Ambiente.

MACHADO, R. B.; RAMOS NETO, M. B.; PEREIRA, P. G. P.; et al. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. , 2004. Brasília: Conservação Internacional.

MAGURRAN, A. E. **Measurement of (biological) diversity**. Oxford: Blackwell Publishing Company, 2004.

MARACAHIPES, L.; LENZA, E.; MARIMON, B. S.; et al. Estrutura e composição florística da vegetação lenhosa em cerrado rupestre na transição Cerrado-Floresta Amazônica, Mato Grosso, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 1, p. 133–142, 2011. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1/pt/fullpaper?bn02111012011+pt>>. .

MARQUES, D.; NAKAJIMA, J. N. Heliantheae s.l. (Asteraceae) do Parque Estadual do Biribiri, Diamantina, Estado de Minas Gerais, Brasil. **Hoehnea**, v. 42, n. 1, p. 41–58, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2236-89062015000100041&lng=pt&nrm=iso&tlng=en>. .

MÉIO, B. B.; FREITAS, C. V.; JATOBÁ, L.; et al. Influência da flora das florestas Amazônica e Atlântica na vegetação do cerrado sensu stricto. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 4, p. 437–444, 2003.

MEIRELES, M.; LUIZ, A. Padrões espaciais de árvores de um cerrado em Brasília. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 18, n. 2, p. 185–189, 1995.

MELO, A. S. O que ganhamos “confundindo” riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade? **Biota Neotropica**, v. 8, n. 3, p. 0–0, 2008.

MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; et al. Flora vascular do bioma Cerrado: checklist com 12.356 espécies. In: S. M. Sano; S. P. Almeida (Eds.); **Cerrado: ecologia e flora**. p.289–556, 2008. Planatina: Empraba Cerrados.

MESSIAS, M. C. T. B.; LEITE, M. G. P.; MEIRA-NETO, J. A. A.; KOZOVITS, A. R. Fitossociologia de campos rupestres quartzíticos e ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 1, p. 230–242, 2012.

MEWS, H. A.; PINTO, J. R. R.; EISENLOHR, P. V.; LENZA, E. Does size matter? Conservation implications of differing woody population sizes with equivalent occurrence and diversity of species for threatened savanna habitats. **Biodiversity and Conservation**, v.

23, n. 5, p. 1119–1131, 2014. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10531-014-0651-4>>. .

MEWS, H. A.; PINTO, J. R. R.; EISENLOHR, P. V.; LENZA, E. No evidence of intrinsic spatial processes driving Neotropical savanna vegetation on different substrates. **Biotropica**, v. x, n. x, p. x–x, 2016.

MEWS, H. A.; SILVERIO, D. V.; PINTO, J. R. R. Qualidade nutricional dos solos do Cerrado: um outro ponto de vista. **Revista Digital Envolverde - Jornalismo & Sustentabilidade**, p. 1–3, 2011. São Paulo.

MIRANDA, H. S.; SATO, M. N.; ANDRADE, S. M. A.; HARIDASAN, M.; MORAIS, H. C. Queimadas de Cerrado: caracterização e impactos. In: L. M. S. Aguiar; A. J. A. Camargo (Eds.); **Plano de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais do DF**. p.133–149, 2004. Brasília: Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

MITTERMEIER, R. A.; FONSECA, G. A. B.; RYLANDS, A. B.; BRANDON, K. Uma breve história da conservação da biodiversidade no Brasil. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 14–21, 2005.

MONTEIRO, F. T. **Os (as) apanhadores (as) de flores e o Parque Nacional das Sempre-Vivas (MG): travessias e contradições ambientais**, 2011. Universidade Federal de Minas Gerais.

MOREIRA, A.; CARVALHO, J. G.; EVANGELISTA, A. R. Influência da relação cálcio:magnésio do corretivo na nodulação, produção e composição mineral da alfafa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 249–255, 1999.

MOSTACEDO, B.; TOLEDO, M.; FREDERICKSEN, T. S. La vegetación de las lajas en la región de Lomerío, Santa Cruz, Bolivia. **Acta Amazonica**, v. 31, n. 1, p. 11–25, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672001000100011&lng=es&nrm=iso&tlng=en>. .

MOTA, N. F. O.; WANDERLEY, M. G. L. *Xyris riopretensis* (Xyridaceae): uma nova espécie para Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, v. 64, n. 3, p. 555–560, 2013.

MOTA, S. L. L.; PEREIRA, I. M.; MACHADO, E. L. M.; et al. Influência dos Afloramentos Rochosos sobre a Comunidade Lenhosa no Cerrado stricto sensu. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 1, p. 8–18, 2014.

MOTTA, P. E. F.; CURI, N.; FRANZMEIER, D. P. Relation of Soils and Geomorphic Surfaces in the Brazilian Cerrado. In: P. S. Oliveira; R. J. Marquis (Eds.); **The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna**. p.13–32, 2002. New York: Columbia University Press.

MOTTA-JUNIOR, J. C.; LOMBARDI, J. A. Ocorrência de zoocoria em florestas-de-galeria no Complexo do Cerrado, Brasil. **Biotemas**, v. 15, n. 1, p. 58–81, 2002.

MOURA, I. O. **Fitogeografia do Cerrado Rupestre: Relações florístico-estruturais e**

ecológicas de espécies lenhosasICB/UnB, 2010. Universidade de Brasília.

MOURA, I. O.; GOMES-KLEIN, V. L.; FELFILI, J. M.; FERREIRA, H. D. Fitossociologia da comunidade lenhosa de uma área de cerrado rupestre no Parque Estadual dos Pirineus, Pirenópolis, Goiás. **Biota Neotropica**, v. 4, n. m, p. 83–100, 2007.

MOURA, I. O.; GOMES-KLEIN, V. L.; MARIA FELFILI, J.; FERREIRA, H. D. Diversidade e estrutura comunitária de cerrado sensu stricto em afloramentos rochosos no parque estadual dos Pirineus, Goiás. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 33, n. 3, p. 455–467, 2010.

MOURA, I. O.; RIBEIRO, K. T.; TAKAHSI, A. Amostragem da vegetação em ambientes rochosos. In: J. M. Felfili; P. V Eisenlohr; M. M. R. F. Melo; L. A. Andrade; J. A. A. Meira Neto (Eds.); **Fitossociologia no Brasil**. p.255–294, 2011. Viçosa: Editora UFV.

MOURA, L.; ROQUE, N. Asteraceae no município de Jacobina, Chapada Diamantina, Estado da Bahia, Brasil. **Hoehnea**, v. 41, n. 4, p. 573–587, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2236-89062014000400573&lng=pt&nrm=iso&tlng=en>. .

NAKAJIMA, J. N.; SEMIR, J. Asteraceae do Parque Nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, n. 4, p. 471–478, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-84042001000400013&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. .

NEGRINI, M.; AGUIAR, M. D.; VIEIRA, C. T.; SILVA, A. C.; HIGUCHI, P. Dispersão, distribuição espacial e estratificação vertical da comunidade arbórea em um fragmento florestal no Planalto Catarinense. **Revista Árvore**, v. 36, n. 5, p. 919–929, 2012.

NEVES, S. C.; ALMEIDA-ABREU, P. A.; FRAGA, L. M. S. Fisiografia. In: A. C. Silva; L. C. V. S. F. Pedreira; P. A. Almeida-Abreu (Eds.); **Serra do Espinhaço Meridional - Paisagens e Ambientes**. p.45–58, 2005. Diamantina: UFVJM.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999.

ODUM, H. T. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.

OKSANEN, J.; BLAUCHET, F. G.; KINDT, R.; et al. Vegan: Community Ecology Package. , 2015. Disponível em: <<http://cran.r-project.org/package=vegan>>. .

OLIVEIRA FILHO, A. T.; FLUMINHAN FILHO, M. ECOLOGIA DA VEGETAÇÃO DO PARQUE FLORESTAL QUEDAS DO RIO BONITO. **Cerne**, v. 5, n. 2, p. 51–64, 1999.

OLIVEIRA, P. E. A. M.; MOREIRA, A. G. Anemocoria em espécies de cerrado e mata de galeria de Brasília - DF. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 15, n. 2, p. 163–174, 1992.

OLIVEIRA, R. B.; GODOY, S. A. P. Composição florística dos afloramentos rochosos do Morro do Forno, Altinópolis, São Paulo. **Biota Neotropica**, v. 7, n. 2, p. 0–0, 2007.

- OLIVEIRA, R. S.; GALVAO, H. C.; CAMPOS, M. C. R.; et al. Mineral nutrition of campos rupestres plant species on contrasting nutrient-impooverished soil types. **New Phytologist**, v. 205, n. 3, p. 1183–1194, 2015.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; FONTES, M. A. L. Patterns of Floristic Differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the Influence of Climate1. **Biotropica**, v. 32, n. March 1999, p. 793–810, 2000. Disponível em:
<<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00619.x/abstract>>. .
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. Padrões Florísticos Das Matas Ciliares Da Região Dos Cerrados E a Evolução Das Paisagens Do Brasil Central Durante O Quaternário Tardio. In: R. R. Rodrigues; H. F. Leitão-Filho (Eds.); **Matas ciliares: conservação e recuperação**. p.73 – 89, 2000. São Paulo: EDUSP.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. A study of the origin of central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 52, n. 02, p. 141, 1995. Disponível em:
<http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0960428600000949>. .
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. Vegetation physiognomies and woody flora of the Cerrado Biome. In: P. S. OLIVEIRA; R. J. MARQUIS (Eds.); **The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a Neotropical savanna**. p.91–120, 2002. New Yorque: Columbia University Press.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; SHEPHERD, G. J.; MARTINS, F. R.; STUBBLEBINE, W. H. Environmental factors affecting physiognomic and floristic variation in an area of cerrado in central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 5, n. 04, p. 413, 1989. Disponível em:
<http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0266467400003862>. .
- ORLANDO FILHO, J. O.; BITTENCOURT, V. C.; CARMELLO, Q. A. C.; BEAUCLAIR, E. G. F. Relações K, Ca e Mg de solo areia quartzosa e produtividade da cana-de-açúcar. **STAB**, v. 14, n. 5, p. 13–17, 1996.
- PALMER, M. W. Estimating species richness: the second-order jackknife estimator reconsidered. **Ecology**, v. 72, n. 4, p. 1512–1513, 1991.
- PARMENTIER, I.; STÉVART, T.; HARDY, O. J. The inselberg flora of Atlantic Central Africa. I. Determinants of species assemblages. **Journal of Biogeography**, v. 32, n. 4, p. 685–696, 2005.
- PEET, R. K. The Measurement of Species Diversity. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 5, n. 1, p. 285–307, 1974.
- PEREIRA, E. O.; GONTIJO, B. M.; ABREU, L. G. Á. C. As ecorregiões da reserva da biosfera da serra do espinhaço: elementos para o fortalecimento da conservação da biodiversidade. **Caderno de Geografia**, v. 25, n. 43, p. 2015, 2015.
- PEREZ-GARCIA, E. A.; MEAVE, J. A. Coexistence and divergence of tropical dry forests

and savannas in southern Mexico. **Journal of Biogeography**, v. 33, n. 3, p. 438–447, 2006. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2699.2005.01459.x>>. .

PIJL, L. VAN DER. **Principles of dispersal in higher plants**. 3rd ed. New Yorque: Springer Verlag, 1982.

PINTO, J. R. R.; LENZA, E.; PINTO, A. D. S. Composição florística e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea em um cerrado rupestre, Cocalzinho de Goiás, Goiás. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 32, n. 1999, p. 1–10, 2009.

PINTO, J. R. R.; SANO, E. E.; REINO, C. M.; PINTO, C. A. S. Parques nacionais do cerrado e os tipos de formações vegetacionais preservados. **Natureza & Conservação**, v. 7, n. 2, p. 44–56, 2009.

POREMBSKI, S.; SZARZYNSKI, J.; MUND, J. P.; BARTHLOTT, W. Biodiversity and vegetation of small-sized inselbergs in a West African rain forest (Taï, Ivory Coast). **Journal of Biogeography**, v. 23, p. 47–55, 1996. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/2846015>>. .

PRADO, D. E.; GIBBS, P. E. Patterns of species distributions in the dry seasonal forest South America. **Annals of the Missouri Botanic Garden**, v. 80, p. 902–927, 1993.

PUNYASENA, S. W.; ESHEL, G.; MCELWAIN, J. C. The influence of climate on the spatial patterning of Neotropical plant families. **Journal of Biogeography**, v. 35, n. 1, p. 117–130, 2008.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. , 2015. Viena: R Foundation for Statistical Computing.

RABINOWITZ, D. Seven forms of rarity. In: H. Synge (Ed.); **The Biological Aspects of Rare Plant Conservation**. p.205–217, 1981. Chicester: Jonh Wiley.

RAIJ, B. VAN. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1981.

RANIERI, B. D.; NEGREIROS, D.; LANA, T. C.; PEZZINI, F. F.; FERNANDES, G. W. Fenologia reprodutiva, sazonalidade e germinação de *Kielmeyera regalis* Saddi (Clusiaceae), espécie endêmica dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 3, p. 632–641, 2012.

RAPINI, A.; RIBEIRO, P.; LAMBERT, S.; PIRANI, J. A flora dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço. **Megadiversidade**, v. 4, n. 1-2, p. 16–24, 2008. Disponível em: <http://www.inot.org.br/artigo/Rapini_et_al_2008_A_flora_dos_campos_rupestres_da_Cadeia_a_do_Espinhaco.pdf>. .

RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Analysis of the Floristic Composition of the Brazilian Cerrado Vegetation Iii: Comparison of the Woody Vegetation of 376 Areas. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 60, n. 01, p. 153–180, 2003.

- RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F.; DIAS, T. A. B.; SILVA, M. R. Estudo preliminar da distribuição das espécies lenhosas da fitofisionomia cerrado sentido restrito nos Estados compreendidos pelo bioma cerrado. **Heringueriana**, v. 5, p. 5–43, 2000.
- RATTER, J. A.; DARGIE, T. C. D. An analysis of the floristic composition of 26 cerrado ares in Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 49, n. 02, p. 235, 1992. Disponível em: <http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0960428600001608>. .
- REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T.; MARTINS, E. S. Solos do Bioma Cerrado: Aspectos Pedológicos. In: S. M. Sano; S. P. Almeida (Eds.); **Cerrado: ecologia e flora**. p.57–109, 2008. Planatina: Empraba Cerrados.
- RESENDE, M.; CURI, N.; KER, J. C.; REZENDE, S. B. **Mineralogia dos Solos Brasileiros: interpretação e aplicações**. Lavras: UFLA, 2005.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: S. M. Sano; S. P. Almeida; J. F. Ribeiro (Eds.); **Cerrado: ecologia e flora**. p.151–212, 2008. Planatina: Embrapa Cerrados.
- RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.
- RIZZINI, C. T. Experimental Studies on Seedling Development of Cerrado Woody Plants. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 52, n. 3, p. 410, 1965. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/2394803?origin=crossref>>. .
- RIZZINI, C. T. **Tratado de Fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. 2nd ed. Rio de Janeiro: Cultural Edições Ltda, 1997.
- RODRIGUES, R. R.; MORELLATO, L. P. C.; JOLY, C. A.; LEITÃO-FILHO, H. F. Estudo florístico e fitossociológico em um gradiente altitudinal de mata estacional mesófila semidecídua, na Serra do Japi, Jundiá, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 12, p. 71–84, 1989.
- RODRÍGUEZ, P.; ARITA, H. T. Beta diversity and latitude in North American mammals: Testing the hypothesis of covariation. **Ecography**, v. 27, n. 5, p. 547–556, 2004.
- RUGGIERO, P. G. C.; BATALHA, M. A.; PIVELLO, V. R.; MEIRELLES, S. T. Soil-vegetation relationships in cerrado (Brazilian savanna) and semideciduous forest, Southeastern Brazil. **Plant Ecology**, v. 160, n. 1, p. 1–16, 2002. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1023/A:1015819219386>>. .
- SAAVEDRA, M. M.; MONGE, M.; GUIMARÃES, E. F. <p>Dasyphyllum diamantinense (Asteraceae, Barnadesioideae): a new species from the Chapada Diamantina, Bahia State, Brazil</p>. **Phytotaxa**, v. 174, n. 4, p. 231, 2014. Disponível em: <<http://biotaxa.org/Phytotaxa/article/view/phytotaxa.174.4.4>>. .
- SANDERS, E. The Hamatic Hypothesis: Its Origin and Functions in Time Perspective. **The Journal of African History**, v. 10, n. 4, p. 521–532, 1969. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/179896>>. .

- SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Environmental monitoring and assessment**, v. 166, n. 1-4, p. 113–124, 2010.
- SANTOS, R. M.; VIEIRA, F. D. A.; FAGUNDES, M.; NUNES, Y. R. F.; GUSMÃO, E. Riqueza e similaridade florística de oito remanescentes florestais no norte de Minas Gerais, Brasil. **Revista Árvore**, v. 31, n. 1, p. 135–144, 2007.
- SANTOS, T. R. R.; PINTO, J. R. R.; LENZA, E. Floristic relationships of the woody component in rocky outcrops savanna areas in Central Brazil. **Flora**, v. 207, n. 7, p. 541–550, 2012. Elsevier GmbH. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.flora.2012.06.015>>. .
- SANTOS, T. R. R.; PINTO, J. R. R.; LENZA, E.; MEWS, H. A. The tree-shrub vegetation in rocky outcrop cerrado areas in Goiás State, Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 35, n. 3, p. 281–294, 2012.
- SEI. Mapa da Região Econômica da Chapada Diamantina. Disponível em: <www.sei.ba.gov.br/site/geoambientais/cartogramas/regioes_eco/regioes_eco.htm>. Acesso em: 21/2/2016.
- SILVA, E. D.; MARTINS, A. B. Leguminosae-Papilionoideae na Serra do Cabral, MG, Brasil. **Hoehnea**, v. 40, n. 2, p. 293–314, 2013.
- SILVA, J. F.; FARIÑAS, M. R.; FELFILI, J. M.; KLINK, C. A. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. **Journal of Biogeography**, v. 33, n. 3, p. 536–548, 2006.
- SILVA, J. M. C.; BATES, J. M. Biogeographic Patterns and Conservation in the South American Cerrado: A Tropical Savanna Hotspot. **BioScience**, v. 52, n. 3, p. 225, 2002.
- SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T.; LINS, L. V. **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2004.
- SILVA JÚNIOR, M. C. + **100 Árvores do Cerrado -Matas de Galeria - Guia de Campo**. 1st ed. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2009.
- SILVA JÚNIOR, M. C. **100 árvores do cerrado sentido restrito, guia de campo**. 1st ed. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2012.
- SILVA, S. R.; SILVA, A. P.; MUNHOZ, C. B.; SILVA JÚNIOR, M. C.; MEDEIROS, M. B. **Guia de Plantas do Cerrado Utilizado na Chapada dos Veadeiros**. Brasília: WWF- Brasil, 2001.
- SILVEIRA, F. A. O.; NEGREIROS, D.; BARBOSA, N. P. U.; et al. Ecology and evolution of plant diversity in the endangered campo rupestre: a neglected conservation priority. **Plant and Soil**, 2015. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s11104-015-2637-8>>. .
- SKLENÁŘ, P.; HEDBERG, I.; CLEEF, A. M. Island biogeography of tropical alpine floras.

(L. N. Gillman, Ed.) **Journal of Biogeography**, v. 41, n. 2, p. 287–297, 2014. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/jbi.12212>>. .

SMITH, A. P.; CHEN, D.; CHALK, P. M. N₂ fixation by faba bean (*Vicia faba* L.) in a gypsum-amended sodic soil. **Biology and Fertility of Soils**, v. 45, n. 3, p. 329–333, 2009.

SOININEN, J.; LENNON, J. J.; HILLEBRAND, H. A multivariate analysis of beta diversity across organisms and environments. **Ecology**, v. 88, n. 11, p. 2830–2838, 2007.

SOUSA-BAENA, M. S.; GARCIA, L. C.; PETERSON, A. T. Completeness of digital accessible knowledge of the plants of Brazil and priorities for survey and inventory. (L. Brotons, Ed.) **Diversity and Distributions**, v. 20, n. 4, p. 369–381, 2014. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/ddi.12136>>. .

SPEHN, E. M.; KÖRNER, C. A Global Assessment of Mountain Biodiversity and its Function. In: U. M. Huber; H. K. M. Bugmann; M. A. Reasoner (Eds.); **Global Change and Mountain Regions**. p.393–400, 2005. Amsterdam: Springer Netherlands. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/1-4020-3508-X_39>. .

STEFANELLO, D.; FERNANDES-BULHÃO, C.; MARTINS, S. V. Síndromes de dispersão de sementes em três trechos de vegetação ciliar (nascente, meio e foz) ao longo do rio Pindaíba, MT. **Revista Árvore**, v. 33, n. 6, p. 1051–1061, 2009.

STEVENSON, F. J. **Húmus Chemistry: genesis, composition and reaction**. New York: John Wiley, 1982.

TATE, K. R. Assessment, based on a climosequence of soils in tussock grasslands, of soil carbon storage and release in response to global warming. **Journal of Soil Science**, v. 43, n. 4, p. 697–707, 1992.

TÓTHMÉRÉSZ, B. International Association of Vegetation Science. **Journal of Vegetation Science**, v. 6, n. 2, p. 283–290, 1995.

TUKEY, J. W. **The problem of multiply comparisons**. Princeton: University of Princeton, 1953.

UNESCO. Portal do Programa MaB e as Reservas da Biosfera. Disponível em: <http://www.rbma.org.br/mab/unesco_01_oprograma.asp>. Acesso em: 21/2/2016.

VASCONCELOS, M. F. O que são campos rupestres e campos de altitude nos topos de montanha do Leste do Brasil? **Brazilian Journal of Botany**, v. 34, n. 2, p. 241–246, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0100-84042011000200012&lng=en&nrm=iso&tlng=pt\nhttp://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-84042011000200012&script=sci_arttext>. .

VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PAREYN, F. G. C. **Ecorregiões: Propostas para o Bioma Caatinga**. Recife: Associação Plantas do Nordeste/Instituto de Conservação Ambiental The Nature Conservancy do Brasil, 2002.

- VERSIEUX, L. M.; WENDT, T.; LOUZADA, R. B.; WANDERLEY, M. G. L. Bromeliaceae da Cadeia do Espinhaço. **Megadiversidade**, v. 4, n. 1, p. 98–110, 2008.
- VIEIRA, F.; SANTOS, G. B.; BERNARDO, C.; ALVES, M. A. Ictiofauna do Parque Nacional da Serra do Cipó (Minas Gerais, Brasil) e áreas adjacentes. **Lundiana**, v. 6, n. 2001, p. 77–87, 2005.
- VIEIRA, T. L.; BARROS, F.; ROQUE, N. Orchidaceae no município de Jacobina, Estado da Bahia, Brasil. **Hoehnea**, v. 41, n. 3, p. 469–482, 2014.
- VORMISTO, J.; TUOMISTO, H.; OKSANEN, J. Palm distribution patterns in Amazonian rainforests: What is the role of topographic variation? **Journal of Vegetation Science**, v. 15, p. 485–494, 2004. Disponível em: <[http://doi.wiley.com/10.1658/1100-9233\(2004\)015\[0485:PDPIAR\]2.0.CO;2](http://doi.wiley.com/10.1658/1100-9233(2004)015[0485:PDPIAR]2.0.CO;2)>. .
- WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado : síntese terminológica e relações florísticas ICB/UnB**, 2006. Universidade de Brasília.
- WILLIAMS, K.; FORD, A.; ROSAUER, D. Forests of East Australia: the 35th biodiversity hotspots. In: F. E. Zachos; J. C. Habel (Eds.); **Biodivers Hotspots**. p.295–310, 2011. Luxembourg: Springer Netherlands.
- WILLSON, M. F. Dispersal mode, seed shadows, and colonization patterns. **Vegetatio**, v. 107-108, n. 1, p. 261–280, 1993.
- WISER, S. K.; PEET, R. K.; WHITE, P. S. High-elevation rock outcrop vegetation of the Southern Appalachian Mountains. **Journal of Vegetation Science**, v. 7, n. 5, p. 703–722, 1996. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.2307/3236382>>. .
- YATES, C. J.; HOPPER, S. D.; BROWN, A.; LEEUWEN, S. VAN. Impact of two wildfires on endemic granite outcrop vegetation in Western Australia. **Journal of Vegetation Science**, v. 14, n. 2, p. 185–194, 2003. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1654-1103.2003.tb02143.x>>. .
- ZAPPI, D. C.; LUCAS, E.; STANNARD, B. L.; et al. Lista das Plantas Vasculares de Catolés, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 21, n. 2, p. 345–398, 2003.