



**ATRIBUTOS FUNCIONAIS E GENÉTICA DE POPULAÇÕES DE QUATRO
ESPÉCIES LENHOSAS EM ÁREAS DE CERRADO RUPESTRE E CERRADO
TÍPICO**

TASSIANA REIS RODRIGUES DOS SANTOS

TESE DE DOUTORADO EM BOTÂNICA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA**

**ATRIBUTOS FUNCIONAIS E GENÉTICA DE POPULAÇÕES DE QUATRO
ESPÉCIES LENHOSAS EM ÁREAS DE CERRADO RUPESTRE E CERRADO
TÍPICO**

TASSIANA REIS RODRIGUES DOS SANTOS

ORIENTADOR: Dr. JOSÉ ROBERTO RODRIGUES PINTO

BRASÍLIA-DF, 29 DE ABRIL DE 2016

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA**

**ATRIBUTOS FUNCIONAIS E GENÉTICA DE POPULAÇÕES DE QUATRO
ESPÉCIES LENHOSAS EM ÁREAS DE CERRADO RUPESTRE E CERRADO
TÍPICO**

TASSIANA REIS RODRIGUES DOS SANTOS

TESE DE DOUTORADO APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB, COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE DOUTORA EM BOTÂNICA.

APROVADO POR:

**Dr. José Roberto Rodrigues Pinto (Departamento de Engenharia Florestal)
(Orientador – Presidente da banca)**

**Dr^a. Vânia Cristina Rennó Azevedo (Embrapa Cenargen/ Programa de Pós-graduação em Botânica - UnB)
(Membro Titular)**

**Dr. Marcelo Fragomeni Simon (Embrapa/Cenargen e Programa de Pós-graduação em Botânica - UnB)
(Membro Titular)**

**Dr. John Du Vall Hay (Departamento de Ecologia - UnB)
(Membro Titular)**

**Dr^a. Iona'i Ossami de Moura (Ministério do Meio Ambiente - MMA)
(Membro Titular Externo)**

**Dr^a. Cássia Beatriz Rodrigues Munhoz (Departamento de Botânica - UnB)
(Membro Suplente)**

BRASÍLIA-DF, 29 DE ABRIL DE 2016

FICHA CATALOGRÁFICA

S237a Santos, Tassiana Reis Rodrigues dos
Atributos funcionais e genética de populações de
quatro espécies lenhosas em áreas de Cerrado
Rupestre e Cerrado Típico / Tassiana Reis Rodrigues
dos Santos; orientador José Roberto Rodrigues
Pinto. -- Brasília, 2016.
80 p.

Tese (Doutorado - Doutorado em Botânica) --
Universidade de Brasília, 2016.

1. Afloramentos rochosos. 2. Ajustes adaptativos.
3. Ambiente rupestre. 4. Savana. I. Pinto, José
Roberto Rodrigues, orient. II. Título.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SANTOS, T.R.R. (2016). Atributos funcionais e genética de populações de quatro espécies lenhosas em áreas de Cerrado Rupestre e Cerrado Típico. Tese de Doutorado em Botânica. Programa de Pós-graduação em Botânica, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 80 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Tassiana Reis Rodrigues dos Santos

TÍTULO: Atributos funcionais e genética de populações de quatro espécies lenhosas em áreas de Cerrado Rupestre e Cerrado Típico.

GRAU: Doutor; ANO: 2016.

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

Tassiana Reis Rodrigues dos Santos
Endereço eletrônico: tassianatxu@hotmail.com

Dedico aos meus pais, Máximo Antônio e Regina Célia,

Aos meus irmãos Fabrício e Tarcísio e

Ao meu esposo, João Paulo.

Pessoas a quem sempre dedicarei todas as minhas conquistas.

“Todas as vitórias ocultam uma abdicação”

Simone de Beauvoir

*“Talvez eu não tenha conseguido fazer o melhor,
mas lutei para que o melhor fosse feito.
Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus,
não sou o que era antes”.*

Marthin Luther King

AGRADECIMENTOS

Ao querido orientador, José Roberto Rodrigues Pinto, Zé! Obrigada pela oportunidade de ter sido orientada por você por duas vezes. Sou muita grata pelos seus ensinamentos, críticas construtivas, pela sua paciência e pela forma respeitosa e atenciosa para comigo. Você é um exemplo de professor, pesquisador e orientador. Registro aqui meu respeito, admiração e gratidão.

Aos Membros da Banca, Dr^a. Vânia Cristina Rennó Azevedo, Dr. Marcelo Fragomeni Simon, Dr. John Du Vall Hay, Dr^a. Iona'i Ossami de Moura e Dr^a. Cássia Beatriz Rodrigues Munhoz, obrigada por aceitarem compor a banca avaliadora.

Aos membros da banca na qualificação Dr. Fred Takahashi e Dr. José Felipe Ribeiro, obrigada pela contribuição nesta fase do trabalho.

À Dr^a Vânia Cristina Rennó Azevedo, que gentilmente abriu as portas do Laboratório de Genética Vegetal, da Embrapa Cenargen, para a execução das análises genéticas.

Ao Professor Dr. Cristhopher Wiilian Fagg, que me orientou durante o início do Doutorado.

Ao Professor Dr. Ailton Teixeira do Vale pelo apoio e disponibilização do Laboratório de Tecnologia da Madeira para realização das análises da densidade da madeira.

À Professora Dr^a. Mercedes Bustamante, por autorizar o uso das instalações do Laboratório de Ecologia de Ecossistemas, do Departamento de Ecologia-UnB, para moagem do material vegetal. Em especial à Dr^a. Regina Sartori pelo apoio nessa fase.

À Professora Dr^a. Susana Pereira de Melo, por conceder o uso das instalações do Laboratório de Solos da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Araguaia, para a finalização da moagem do material vegetal.

Aos Diretores Gerais do Instituto Federal de Mato Grosso - IFMT e Instituto Federal do Acre - IFAC, Josdyr Vilhagra e Cristiano Ferreira, respectivamente, por concederem liberação para as atividades do Doutorado.

À CAPES pela bolsa de estudos concedida.

Aos colegas da Embrapa: Lorena, Natasha, Lucileide, Zilneide, Nayara, Bruna, Pétala, João, Felipe, Paulo, Flávio, Caroline, pelas contribuições e apoio nas técnicas laboratoriais.

Ao colega Fabrício Leal pela confecção do mapa da área de estudo.

Aos queridos amigos Sílvia, Henrique, Tangrienne, Lamartine, Josiane, Leandro, Leonardo e Josias. Muito obrigada pela contribuição com as coletas de campo.

Aos queridos amigos Henrique, Leandro e Milton e ao Thiago Bernadi pela ajuda imprescindível nas análises estatísticas e uso do programa R.

Ao Felipe Canela e Natasha Brianez, pelo auxílio nas análises estatísticas dos dados de genética de população.

À amiga Maria Cristina que mesmo a distância contribuiu e sanou várias dúvidas sobre genética. Sem falar no apoio emocional.

Aos queridos amigos que conquistei em Brasília desde a época do Mestrado: Ani, Chesterton, Juliana, Clarine, Michelle (*in memoriam*), Henrique, Sílvia, Milton, Josi, Tangri, Tita, Fabrícia, Lamartine. Obrigada por compartilharam comigo bons momentos.

Aos meus queridos amigos Sílvia e Milton, que me receberam sempre que precisei em sua casa e me deram o maior apoio e acolhimento. Sem falar na grande e especial amizade que levarei sempre comigo.

À toda minha família querida materna e paterna: avós, tios, primos, cunhada, sobrinho. Que sempre está unida seja nos momentos bons e nos de dificuldade também! Obrigada pelo apoio sempre! A família do meu esposo, minha nova família, obrigada pelas boas vibrações.

Ao meu amor, amigo, companheiro e amado esposo, João Paulo. Por todo amor doado a mim, pela imensa compreensão, incentivo e apoio incondicional em todas as minhas escolhas, mesmo que elas tenham nos afastado por um tempo. Obrigada por sempre caminhar ao meu lado e compartilhar os mesmos sonhos que eu. Não tenho dúvidas que o nosso encontro é de alma, nós nos escolhemos.

Aos meus amados pais Máximo Antônio e Regina Célia e irmãos Fabrício e Tarcísio. Serei sempre grata pelo amor, apoio incondicional, carinho, preocupação e torcida. Todas as minhas conquistas serão sempre direcionadas a vocês. Afinal toda a base e incentivo sempre vieram de vocês.

À Deus sou grata por me proporcionar o melhor da vida, ter a minha família por perto. E por me dar forças para enfrentar as adversidades do caminho percorrido e a percorrer.

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1.1- APRESENTAÇÃO.....	1
1.2- OBJETIVOS.....	3
1.2.1- Objetivo geral.....	3
1.2.2- Objetivos específicos.....	4
1.3- MATERIAL E MÉTODOS.....	4
1.3.1- Áreas de estudo.....	4
1.3.2- Critério de escolha das espécies.....	7
1.3.3- Descrição das espécies alvo.....	8
2- COMPARAÇÃO DA ESTRUTURA POPULACIONAL DE QUATRO ESPÉCIES LENHOSAS NATIVAS EM CERRADO RUPESTRE E CERRADO TÍPICO.....	11
2.1- RESUMO.....	11
2.2- ABSTRACT.....	11
2.3- INTRODUÇÃO.....	12
2.4- MATERIAL E MÉTODOS.....	14
2.4.1- Áreas de estudo.....	14
2.4.2- Descrição das espécies alvo.....	14
2.4.3- Coleta de dados.....	14
2.4.4- Análises de dados.....	15
2.5- RESULTADOS.....	15
2.5.1- Estrutura das populações.....	15
2.5.2- Distribuição de altura.....	18
2.5.3- Distribuição de diâmetro.....	22
2.5.4- Relação entre atributos funcionais.....	26
2.6- DISCUSSÃO.....	28
2.7- CONCLUSÃO.....	30
3- ATRIBUTOS FUNCIONAIS DE POPULAÇÕES LENHOSAS NATIVAS EM CERRADO RUPESTRE E CERRADO TÍPICO.....	31
3.1- RESUMO.....	31
3.2- ABSTRACT.....	31
3.3- INTRODUÇÃO.....	32
3.4- MATERIAL E MÉTODOS.....	34
3.4.1- Áreas de estudo.....	34
3.4.2- Descrição das espécies alvo.....	34
3.4.3- Coleta de dados.....	34
3.4.4- Análises de dados.....	36
3.5- RESULTADOS.....	36
3.6- DISCUSSÃO.....	40
3.7- CONCLUSÃO.....	42

4- GENÉTICA DE POPULAÇÕES DE ESPÉCIES LENHOSAS NATIVAS EM CERRADO RUPESTRE E CERRADO TÍPICO.....	43
4.1- RESUMO.....	43
4.2- ABSTRACT.....	43
4.3- INTRODUÇÃO.....	44
4.4- MATERIAL E MÉTODOS.....	46
4.4.1- Áreas de estudo.....	46
4.4.2- Descrição das espécies alvo.....	46
4.4.3- Coleta de dados.....	46
4.4.4- Extração, quantificação e diluição do DNA.....	46
4.4.5- Amplificação do DNA – PCR (<i>Polymerase Chain Reaction</i>)	47
4.4.6- Análise de dados.....	47
4.5- RESULTADOS.....	48
4.6- DISCUSSÃO.....	56
4.7- CONCLUSÃO.....	58
5- CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
ANEXOS.....	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1- Áreas de Cerrado Rupestre e Cerrado Típico amostradas em Cavalcante-GO, Cristalina-GO, Jaraguá- GO e Nova Xavantina- MT e suas respectivas localizações em relação ao bioma Cerrado e ao Brasil (Mapa: Fabrício Leal).....5

Figura 1.2- Aspecto geral de *Aspidosperma tomentosum* Mart. (Apocynaceae) (A), *Byrsonima pachyphylla* A. Juss. (Malpighiaceae) (B), *Davilla elliptica* A.St.-Hil. (Dilleniaceae) (C) e *Ouratea hexasperma* (A.St.-Hil.) Baill. (Ochnaceae) (D). Fotos: José Roberto Rodrigues Pinto.....10

Figura 2.1- Contribuição dos parâmetros que compõem o Índice de valor de importância (IVI) para *Aspidosperma tomentosum* Mart., *Byrsonima pachyphylla* A. Juss., *Davilla elliptica* A.St.-Hil. e *Ouratea hexasperma* (A.St.-Hil.) Baill., no Cerrado Rupestre (Coluna da esquerda) e Cerrado Típico (Coluna da direita) amostradas em 10 parcelas de 20 x 50 m, em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx). Dominância Relativa (□), Frequência Relativa (■) e Densidade Relativa (■).....17

Figura 2.2- Comparações par a par da altura entre Cerrado Rupestre (CR) e Cerrado Típico (CT) para as populações de *Aspidosperma tomentosum* Mart., *Byrsonima pachyphylla* A. Juss., *Davilla elliptica* A.St.-Hil. e *Ouratea hexasperma* (A.St.-Hil.) Baill. em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx). Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (5%). A linha horizontal indica a mediana, a linha superior o quartil superior, a linha inferior o quartil inferior e as barras indicam valores máximos e mínimos. O teste não foi realizado entre as populações de *A. tomentosum* em Cavalcante e *O. hexasperma* em Nova Xavantina, devido ao número reduzido de indivíduos registrados.....19

Figura 2.3- Distribuição dos indivíduos em classes de altura para *Aspidosperma tomentosum* Mart. e *Byrsonima pachyphylla* A. Juss. no Cerrado Típico (■) e Cerrado Rupestre (□), amostradas em 10 parcelas de 20 x 50 m, em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx).....20

Figura 2.4- Distribuição dos indivíduos em classes de altura para *Davilla elliptica* A. St.-Hil. e *Ouratea hexasperma* (A.St.-Hil.) Baill. no Cerrado Típico (■) e Cerrado Rupestre (□), amostrados em 10 parcelas de 20 x 50 m, nos quatro sítios inventariados em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx).....21

Figura 2.5- Comparações par a par do diâmetro entre Cerrado Rupestre (CR) e Cerrado Típico (CT) para as populações de *Aspidosperma tomentosum* Mart., *Byrsonima pachyphylla* A. Juss., *Davilla elliptica* A.St.-Hil. e *Ouratea hexasperma* (A.St.-Hil.) Baill. em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx). Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (5%). A linha horizontal indica a mediana, a linha superior o quartil superior, a linha inferior o quartil inferior e as barras indicam valores máximos e mínimos. O teste não foi realizado entre as populações de *A. tomentosum* em Cavalcante

e *O. hexasperma* em Nova Xavantina, devido ao número reduzido de indivíduos registrados.....23

Figura 2.6- Distribuição dos indivíduos em classes de diâmetro para *Aspidosperma tomentosum* Mart. e *Byrsonima pachyphylla* A. Juss. no Cerrado Típico (■) e Cerrado Rupestre (□), amostrados em 10 parcelas de 20 x 50 m, em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx).....24

Figura 2.7- Distribuição dos indivíduos em classes de diâmetro para *Davilla elliptica* A.St.-Hil. e *Ouratea hexasperma* (A.St.-Hil.) Baill. no Cerrado Típico (■) e Cerrado Rupestre (□), amostrados em 10 parcelas de 20 x 50 m, em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx).....25

Figura 2.8- Correlações entre diâmetro vs. altura, diâmetro vs. espessura de casca e diâmetro vs. projeção da copa para os indivíduos de *Aspidosperma tomentosum* Mart., *Byrsonima pachyphylla* A. Juss., *Davilla elliptica* A.St.-Hil. e *Ouratea hexasperma* (A.St.-Hil.) Baill. em Cerrado Rupestre (●) e Cerrado Típico (○) em Cavalcante-GO, Cristalina-GO, Jaraguá-GO e Nova Xavantina-MT.....27

Figura 3.1- Comparação dos teores de nutrientes no solo, Al: alumínio, P: fósforo, %Mo: % matéria orgânica, CTC: capacidade de troca catiônica, pHCa: pH em cálcio e % areia entre o Cerrado Rupestre (CR) e Cerrado Típico (CT) em Cavalcante-GO, Cristalina-GO, Jaraguá-GO e Nova Xavantina-MT. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$). A linha horizontal indica a mediana, a linha superior o quartil superior, a linha inferior o quartil inferior e as barras indicam valores máximos e mínimos.....37

Figura 3.2- Dispersão multivariada – PCoA para *Aspidosperma tomentosum* Mart. e *Byrsonima pachyphylla* A. Juss. em Cerrado Rupestre (CR) e Cerrado Típico (CT), amostradas em Cavalcante-GO; Cristalina-GO; Jaraguá-GO e Nova Xavantina-MT....38

Figura 3.3- Dispersão multivariada – PCoA para *Davilla elliptica* A.St.-Hil. e *Ouratea hexasperma* (A.St.-Hil.) Baill. em Cerrado Rupestre (CR) e Cerrado Típico (CT), amostradas em Cavalcante-GO, Cristalina-GO, Jaraguá-GO e Nova Xavantina-MT....39

Figura 4.1- Perfil eletroforético dos fragmentos RAPD amplificados utilizando o iniciador OPJ-J20 com indivíduos de *Davilla elliptica* A.St.-Hil. As colunas M, indicam o marcador de peso molecular 1000 pb. Círculos preenchidos em vermelho indicam as bandas polimórficas.....50

Figura 4.2- Comparações genéticas entre populações de *Aspidosperma tomentosum* Mart., *Byrsonima pachyphylla* A. Juss., *Davilla elliptica* A.St.-Hil. e *Ouratea hexasperma* (A.St.-Hil.) Baill. em Cerrado Rupestre (CR) e Cerrado Típico (CT) em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx). Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (5%). A linha horizontal indica a mediana, a linha superior o quartil superior, a linha inferior o quartil inferior e as barras indicam valores máximos e mínimos. Discrepância entre valores nas populações de *A. tomentosum* em Jaraguá foi devido ao número reduzido de indivíduos registrados.....51

Figura 4.3- Similaridade genética obtida pelo método UPGMA com base no coeficiente de Jaccard, entre os 61 indivíduos de *Aspidosperma tomentosum* Mart., amostrados em áreas de Cerrado Rupestre (1 a 10) e Cerrado Típico (11 a 20) em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx).....52

Figura 4.4- Similaridade genética obtida pelo método UPGMA com base no coeficiente de similaridade de Jaccard, entre os 75 indivíduos de *Byrsonima pachyphylla* A. Juss., amostrados em áreas de Cerrado Rupestre (1 a 10) e Cerrado Típico (11 a 20) em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx).....53

Figura 4.5- Similaridade genética obtida pelo método UPGMA com base no coeficiente de similaridade de Jaccard, entre os 79 indivíduos de *Davilla elliptica* A.St.-Hil., amostrados em áreas de Cerrado Rupestre (1 a 10) e Cerrado Típico (11 a 20) em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx).....54

Figura 4.6- Similaridade genética obtida pelo método UPGMA com base no coeficiente de similaridade de Jaccard, entre os 80 indivíduos de *Ouratea hexasperma* (A.St.-Hil.) Baill., amostrados em áreas de Cerrado Rupestre (1 a 10) e Cerrado Típico (11 a 20) em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx).....55

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.1-** Abundância de indivíduos (Ind.ha^{-1}) das espécies lenhosas nativas selecionadas ($\text{Db}_{30\text{cm}} \geq 3 \text{ cm}$), em 10 parcelas de 20 x 50 m nas fisionomias de Cerrado Rupestre (CR) e Cerrado Típico (CT) em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx).....8
- Tabela 2.1-** Índice de valor de importância (IVI) das espécies lenhosas ($\text{Db}_{30\text{cm}} \geq 3 \text{ cm}$) investigadas em Cerrado Rupestre (CR) e Cerrado Típico (CT) amostradas em 10 parcelas de 20 x 50 m, em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx). Valores em negrito indicam que as espécies estão entre as 15 mais importantes em termos de porcentagem do IVI na comunidade. Valores entre parênteses indicam a posição no ranque do IVI.....16
- Tabela 2.2-** Área basal total (m^2) dos indivíduos em Cerrado Rupestre (CR) e Cerrado Típico (CT) das populações amostradas em 10 parcelas de 20 x 50 m, em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx). Valores em negrito indicam o maior valor na comparação entre CR e CT para o mesmo sítio...26
- Tabela 3.1-** Resultados da Análise Discriminante com base nos atributos funcionais de *Byrsonima pachyphylla* A. Juss. em Cerrado Rupestre (CR) e Cerrado Típico (CT) amostradas em Cavalcante-GO, Cristalina-GO, Jaraguá-GO e Nova Xavantina-MT. Valores em negrito apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$).....40
- Tabela 4.1-** Número de indivíduos (N) que obtiveram sucesso na amplificação do DNA por PCR.....49
- Tabela 4.2-** *Primers* selecionados e utilizados nas amplificações do DNA por PCR e suas respectivas sequências e espécies que foram amplificadas com eles. Nb: número de bandas polimórficas.....49

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 3.1-** Associação dos traços funcionais como respostas das espécies para quatro classes de mudanças ambientais (filtros ambientais), força competitiva e defesa contra patógenos e herbivoria (filtros biológicos) e efeitos sobre ciclos biogeoquímicos e regime de perturbação. Fonte: Cornelissen et al. (2003).....74
- Anexo 3.2-** Comparação dos teores médios de nutrientes nos solos de Cerrado Rupestre (CR) e Cerrado Típico (CT) amostrados em Cavalcante-GO, Cristalina-GO, Jaraguá-GO e Nova Xavantina-MT. As siglas representam os nutrientes, em que P: fósforo, K: potássio, Ca: cálcio, Mg: magnésio, S: enxofre, Fe: ferro, Cu: cobre, Mn: manganês, Zn: zinco, B: boro, Al: alumínio, %Mo: % matéria orgânica, CTC: capacidade de troca catiônica, Sat. Bases (V%): Saturação de base, pH_{Ca}: pH em cálcio, % areia, % silte e % argila. Os valores em negrito indicam diferenças significativas ($p < 0,05$), pelo teste de Mann-Whitney.....75
- Anexo 4.1-** Similaridade genética obtida pelo método UPGMA com base no coeficiente de similaridade de Jaccard, entre os 61 indivíduos de *Aspidosperma tomentosum* Mart., amostrados em áreas de Cerrado Rupestre (1 a 10) e Cerrado Típico (11 a 20) em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx).....77
- Anexo 4.2-** Similaridade genética obtida pelo método UPGMA com base no coeficiente de similaridade de Jaccard, entre os 75 indivíduos de *Byrsonima pachyphylla* A. Juss., amostrados em áreas de Cerrado Rupestre (1 a 10) e Cerrado Típico (11 a 20) em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx).....78
- Anexo 4.3-** Similaridade genética obtida pelo método UPGMA com base no coeficiente de similaridade de Jaccard, entre os 79 indivíduos de *Davilla elliptica* A.St.-Hil., amostrados em áreas de Cerrado Rupestre (1 a 10) e Cerrado Típico (11 a 20) em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx).....79
- Anexo 4.4-** Similaridade genética obtida pelo método UPGMA com base no coeficiente de similaridade de Jaccard, entre os 80 indivíduos de *Ouratea hexasperma* (A.St.-Hil.) Baill., amostrados em áreas de Cerrado Rupestre (1 a 10) e Cerrado Típico (11 a 20) em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx).....80

1- INTRODUÇÃO GERAL

1.1- APRESENTAÇÃO

No Brasil existem seis grandes grupos de vegetação que cobrem extensas áreas do país, a Floresta Amazônica, Mata Atlântica, Caatinga, Pantanal, Pampas e Cerrado (IBGE, 2012). O bioma Cerrado está localizado principalmente no Planalto Central brasileiro e ocupa cerca de dois milhões de km² (EITEN, 1993; RIBEIRO; WALTER, 2008). Esta extensa área apresenta ampla heterogeneidade ambiental e abriga diversificados ecossistemas, que podem ser agrupados em campestres, savânicos e florestais (COCHRANE et al., 1985). Segundo Ribeiro e Walter (2008) a vegetação do bioma Cerrado apresenta onze tipos fitofisionômicos principais, subdivididos nas formações florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão), campestres (Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre) e savânicas (Cerrado sentido restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda). Dentre eles, o Cerrado sentido restrito é o mais extenso, ocupa cerca de 61% do bioma (SANO et al., 2010) e o que apresenta maior número de subtipos: Cerrado Denso, Típico, Ralo e Rupestre (RIBEIRO; WALTER, 2008). O Cerrado Rupestre apresenta flora com elevada riqueza (OLIVEIRA-FILHO; FLUMINHAN-FILHO, 1999; PINTO et al., 2009; SANTOS et al., 2012b; MEWS et al., 2014), com espécies compartilhadas entre os dois ambientes (PINTO et al., 2009; SANTOS et al., 2012a, 2012b) bem como, espécies exclusivas e especialistas em habitat específico (ABREU et al., 2012; SANTOS et al., 2012a, 2012b; MEWS et al., 2014). Além disso, a estrutura da vegetação é relacionada principalmente com variações das propriedades físico-químicas do solo e topografia (ABREU et al., 2012; MEWS et al., 2014), aliados a fatores climáticos e espaciais (MEWS et al., 2016).

Os subtipos fitofisionômicos do Cerrado sentido restrito são caracterizados conforme a cobertura arbórea, a flora e o substrato onde ocorrem (RIBEIRO; WALTER, 2008). De acordo com a literatura, os padrões de distribuição da vegetação lenhosa nesta fitofisionomia estão predominantemente associados às características edáficas (EITEN, 1993; RATTER et al., 1996; OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 2002; FRANÇOSO et al., 2016). Como nos ambientes rupestres, as condições edáficas são limitantes (HARLEY, 1995; OLIVEIRA-FILHO; FLUMINHAN-FILHO, 1999; REATTO et al., 2008; RIBEIRO; WALTER, 2008; PINTO et al. 2009), é de se esperar que elas exerçam forte influência sobre o estabelecimento e desenvolvimento da

vegetação lenhosa no Cerrado Rupestre, assim como nas características morfológicas e fisiológicas dos indivíduos.

Variações morfo-fisiológicas ou plasticidade fenotípica é a habilidade de ajuste de uma determinada espécie ao ambiente, sem que mudanças genéticas sejam necessárias (PRICE et al., 2003). Em ambientes instáveis, heterogêneos ou de transição, espécies com grande potencial para plasticidade em caracteres ligados à sobrevivência apresentam vantagens adaptativas, uma vez que as mudanças produzidas podem facilitar a exploração de novos nichos, resultando no aumento da tolerância ambiental (VIA et al., 1995). Essas mudanças podem ocorrer nas características morfológicas e/ou fisiológicas também chamadas de atributos funcionais, que são definidos como traços morfo-fisio-fenológicos que impactam indiretamente através dos seus efeitos sobre o crescimento, reprodução e sobrevivência, os três componentes do desempenho individual das espécies de plantas (VIOLLE et al., 2007). Investigações sobre os atributos funcionais da flora nativa têm crescido nos últimos anos, mas em ambientes específicos, como o Cerrado Rupestre, estes estudos ainda são escassos.

Nos últimos anos vários estudos foram realizados em Cerrado Rupestre e dentre eles destaca-se o trabalho de Lima (2008), que mapeou e quantificou as áreas desta fisionomia existentes no estado de Goiás, incluindo o Distrito Federal, por meio da análise de imagens obtidas pelo sensor LANDSAT ETM+. Estudos florísticos e fitossociológicos também foram recentemente conduzidos no Cerrado Rupestre, como os trabalhos de Amaral et al. (2006) na Fazenda Sucupira-DF, Miranda et al. (2007) na Serra Dourada-GO, Pinto et al. (2009) em Cocalzinho de Goiás, Lima et al. (2010) no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas-GO, Moura et al. (2010) no Parque Estadual dos Pireneus-GO, Lenza et al. (2011) na Chapada dos Veadeiros-GO, Maracahipes et al. (2011) na transição Cerrado-Floresta Amazônica-MT, Gomes et al. (2011) no Parque do Bacaba-MT, Abreu et al. (2012) em Piranhas-GO, Lemos et al. (2013) em Palmas-TO e Natividade-TO, dentre outros.

Além de estudos florísticos e fitossociológicos, estudos fitogeográficos também foram conduzidos no Cerrado Rupestre, como os realizados por Moura (2010) em 10 sítios de Cerrado Rupestre e nove sítios de Cerrado Típico no Brasil Central. Além do trabalho realizado por Santos et al. (2012b), em 10 sítios de Cerrado Rupestre no estado de Goiás, os estudos de Mews et al. (2014, 2016) em Cerrado sentido restrito em dois substratos no Brasil Central e o trabalho de Mota (2016) em áreas de Cerrado Rupestre

na Cadeia do Espinhaço. Estes estudos visaram a compreensão de como as espécies estão distribuídas ao longo dos sítios e quais fatores ambientais regulam a ocorrência e a densidade das espécies lenhosas nessas áreas. Porém, estudos que tratam de aspectos populacionais de espécies vegetais ainda são carentes no Cerrado Rupestre, principalmente com ênfase em atributos funcionais que possam lhes conferir vantagens adaptativas às condições restritivas existentes nos ambientes rupestres.

Neste contexto surgiu o interesse em entender como as populações se ajustam com bases em atributos funcionais em Cerrado Rupestre. Assumindo que esta fisionomia apresenta solos com restrição nutricional em função do tipo de rocha de origem, em geral quartzito e arenito, com pouca profundidade, baixo pH, alta concentração de alumínio trocável e restrição hídrica (BENITES et al., 2007; REATTO et al., 2008; ABREU et al., 2012), formulamos perguntas que tiveram como enfoque características morfológicas que investigamos com base em quatro espécies lenhosas nativas de Cerrado e que ocorrem em áreas adjacentes de Cerrado Rupestre e Cerrado Típico: 1) Qual a contribuição das populações na estruturação da vegetação lenhosa em áreas adjacentes? (Capítulo 2). 2) A distribuição de frequência dos indivíduos nas classes de diâmetro e de altura para as populações lenhosas nativas difere entre áreas com condições ambientais distintas? (Capítulo 2). 3) Existe associação entre o diâmetro do caule e altura total, espessura de casca e projeção da copa nas espécies lenhosas nativas investigadas em áreas com condições ambientais diferentes? (Capítulo 2). 4) Existe diferença entre as populações, com ocorrência em ambientes diferentes, com base em atributos funcionais como altura total, diâmetro do caule, espessura da casca, projeção da copa, densidade da madeira, teor de nutrientes foliares e área foliar específica? (Capítulo 3). 5) Que ajustes nos atributos funcionais são necessários para que espécies de Cerrado Rupestre se estabeleçam nessa fisionomia? (Capítulo 3). 6) Populações situadas no mesmo sítio, porém em diferentes condições ambientais são similares geneticamente? (Capítulo 4).

1.2- OBJETIVOS

1.2.1- Objetivo geral

Investigar quais ajustes adaptativos são apresentados pelas espécies lenhosas nativas do Cerrado, *Aspidosperma tomentosum* Mart. (Apocynaceae), *Byrsonima pachyphylla* A. Juss. (Malpighiaceae), *Davilla elliptica* A.St.-Hil. (Dilleniaceae) e

Ouratea hexasperma (A.St.-Hil.) Baill. (Ochnaceae), com base em seus atributos funcionais que conferem aptidões para elas se estabelecerem e desenvolverem no Cerrado Rupestre, uma vez que essa fisionomia é caracterizada por condições ambientais restritivas. Além disso, verificar se existem diferenças genéticas entre as mesmas espécies com ocorrência no Cerrado Rupestre e Cerrado Típico, em áreas adjacentes.

1.2.2- Objetivos específicos

- Comparar a contribuição e a estrutura populacional de quatro espécies lenhosas nativas do Cerrado em áreas de Cerrado Rupestre e Cerrado Típico (Capítulo 2).
- Relacionar a distribuição diamétrica com atributos funcionais de quatro espécies lenhosas nativas de Cerrado Rupestre e Cerrado Típico (Capítulo 2).
- Comparar os atributos funcionais altura total, diâmetro do caule, espessura da casca, projeção da copa, densidade da madeira, concentração de nutriente foliar e área foliar específica entre populações de quatro espécies lenhosas nativas em Cerrado Rupestre e Cerrado Típico (Capítulo 3).
- Verificar se populações de espécies lenhosas nativas do Cerrado com ocorrência em áreas adjacentes de Cerrado Rupestre e Cerrado Típico, são geneticamente semelhantes (Capítulo 4).

1.3- MATERIAL E MÉTODOS

1.3.1- Áreas de estudo

Realizamos o trabalho em quatro sítios que continham pares de Cerrado sentido restrito sobre solos profundos (Cerrado Típico - CT) e sobre solos rasos com afloramentos rochosos (Cerrado Rupestre - CR) (Figura 1.1). Esses sítios estão entre os 10 incluídos no “Projeto Cerrado Rupestre: Conhecer para Preservar”, que teve como objetivo caracterizar a vegetação arbustivo-arbórea em áreas de Cerrado Rupestre no estado de Goiás (SANTOS et al., 2012a, 2012b, MEWS et al., 2014, 2016). O sítio Nova Xavantina foi a exceção, pois está situado no estado de Mato Grosso e não foi contemplado na amostragem do referido projeto, porém a metodologia adotada para a coleta de dados foi a mesma e pode ser consultada em Gomes et al. (2011). A seguir, a descrição dos sítios amostrados:

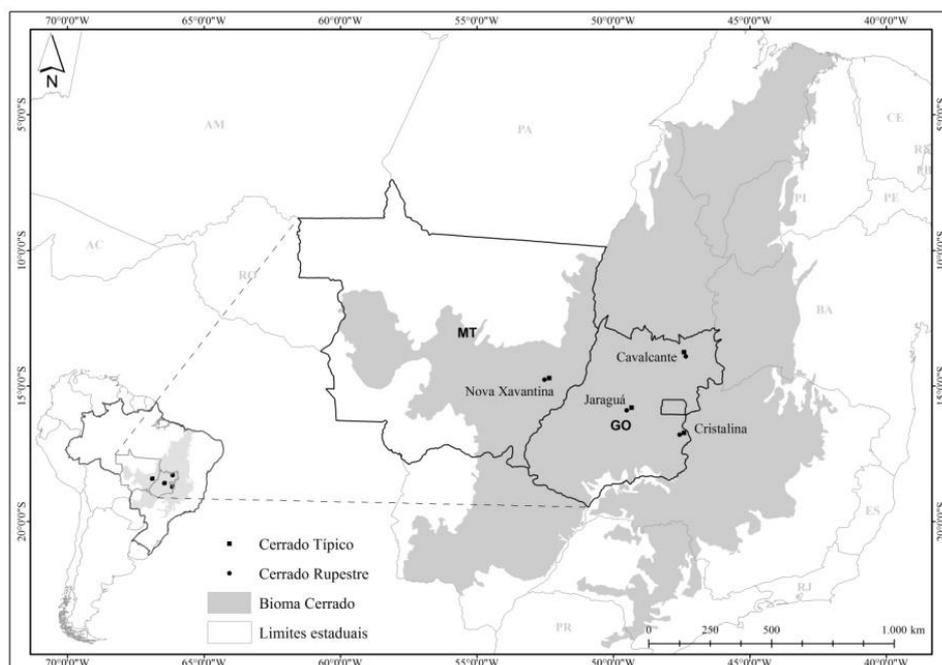


Figura 1.1- Áreas de Cerrado Rupestre e Cerrado Típico amostradas em Cavalcante-GO, Cristalina- GO, Jaraguá- GO e Nova Xavantina- MT e suas respectivas localizações em relação ao bioma Cerrado e ao Brasil (Mapa: Fabrício Leal).

Cavalcante: o município de Cavalcante está inserido na microrregião da Chapada dos Veadeiros, nordeste do estado de Goiás e ocupa 6.954 km² (IBGE, 2013). A área de estudo está situada na Área de Proteção Ambiental - APA do Pouso Alto, que foi criada pelo Decreto nº 5.419, de 07 de maio de 2001 e possui 872.000 ha (CTE, 2014). O clima da região é do tipo *Cwbl*, segundo a classificação de Köppen, com inverno seco e verão chuvoso e com temperatura média anual de 25°C e precipitação média anual de 1.600 mm. A altitude é de aproximadamente 800 m. O relevo é de planalto, fortemente ondulado, montanhoso e escarpado. Os solos predominantes na região são os Cambissolos, solos Litólicos e Latossolos vermelho-amarelo, com significativas áreas de Neossolos Quartzarêncos (HARIDASAN, 2007). A vegetação predominante na região da Chapada dos Veadeiros é o Cerrado sentido amplo (representado pela formação florestal Cerradão, pela formação savânica Cerrado sentido restrito – Cerrado Ralo, Típico, Denso e Rupestre, e pelas formações campestres de Campo Limpo e Campo Sujo), além das Veredas e Matas de Galeria (FELFILI, 2007). Em termos biológicos, a região da Chapada dos Veadeiros e adjacências, onde se encontra o município de Cavalcante, é um dos centros de endemismo e diversidade de

espécies da área central do bioma Cerrado (SIMON; PROENÇA, 2000). As principais atividades econômicas da região são produção agrícola e pecuária (IBGE, 2013).

Cristalina: o município de Cristalina está inserido na região sudeste do estado de Goiás e ocupa 6.162 km² (IBGE, 2013). A área de estudo está situada na Pedra do Urubu e na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Linda Serra dos Topázios (PROENÇA et al., 2006). O clima é do tipo Cw segundo a classificação de Köppen, com inverno seco e verão chuvoso, com temperatura média anual de 22°C e precipitação média anual de 1.700 mm. A altitude é de aproximadamente 1.000 m (PROENÇA et al., 2006). O relevo é bastante irregular, com frequentes afloramentos rochosos (arenito e quartzito). As principais classes de solos reconhecidas na área são Cambissolos, Latossolos Vermelho, Latossolos Vermelho-Amarelos e os Petroplossolos (BARBALHO et al., 2007). A vegetação predominante é formada por Campos Úmidos, Veredas, Cerrado Ralo, Cerrado Típico, Cerradão Mesofítico de Encosta, Cerrado Rupestre e Matas de Galeria (PROENÇA et al., 2006) A principal atividade econômica da região é a agricultura e pecuária (IBGE, 2013).

Jaraguá: o município de Jaraguá está inserido na região central do estado de Goiás e ocupa 1.850 km² (IBGE, 2013). A área de estudo está situada no Parque Ecológico da Serra de Jaraguá, criado pela Lei 13.247 de 13 de janeiro de 1998 e possui 2.862 ha. O clima da região é do tipo Aw segundo classificação de Köppen, com inverno seco e verão chuvoso com temperatura média anual é de 25°C e a precipitação média anual é de 1.700 mm. A altitude é de aproximadamente 610 m (IBGE, 2013). O relevo é considerado de plano a ondulado. A vegetação predominante é o Cerrado sentido restrito, com presença de Matas de Galeria de Florestas de Encosta. A principal atividade econômica da região é a indústria têxtil e a pecuária (IBGE, 2013).

Nova Xavantina: o município de Nova Xavantina está inserido na região sudeste do estado de Mato Grosso e ocupa 5.573 km² (IBGE, 2013). A área de estudo está situada no Parque Municipal do Bacaba, criado pela Lei Municipal 975 de 12 de agosto de 2002 e possui aproximadamente 450 ha (ROSSETE; IVANAUSKAS, 2001). O clima da região é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, com inverno seco e verão chuvoso, com temperatura média anual de 25°C e a precipitação média anual de 1.550 mm. A altitude é de aproximadamente 275 m. O relevo é considerado de plano a ondulado. Os solos são do tipo Litólicos, Cambissolo transicional com deposição de blocos de quartzito e Latossolo Vermelho-Amarelo (MARIMON-JÚNIOR;

HARIDASAN, 2005). A vegetação predominante é de cerrado sentido restrito, que apresenta contato com áreas de Cerradões e Matas de Galeria (MARIMON et al., 1998, 2001, 2006). As principais atividades econômicas da região são agricultura e pecuária (IBGE, 2013).

1.3.2- Critério de escolha das espécies e dos atributos funcionais

Para escolha das espécies a serem avaliadas nas duas fisionomias investigadas utilizamos os seguintes critérios: as mais frequentes, que ocorreram em mais de 90% dos 10 sítios amostrados pelo projeto (GOMES et al., 2011; SANTOS et al., 2012a, 2012b; MEWS et al., 2014) e as mais abundantes, que apresentaram mais de 10 indivíduos por fisionomia. Neste caso, as quatro espécies que selecionamos foram: *Aspidosperma tomentosum* Mart., *Byrsonima pachyphylla* A. Juss., *Davilla elliptica* A. St.-Hil. e *Ouratea hexasperma* (A.St.-Hil.) Baill. (Tabela 1.1). As espécies *A. tomentosum* e *O. hexasperma* apresentaram menos de 10 indivíduos no interior das parcelas no Cerrado Rupestre em Cavalcante e Nova Xavantina, respectivamente. Neste caso, realizamos buscas fora das parcelas a fim de completar a amostragem do número de indivíduos necessários.

Escolhemos os atributos funcionais com base em sua importância biológica e ecológica: a altura total e concentração de nutrientes foliares apresentam resposta ao recurso disponível no solo e a força competitiva (CORNELISSEN et al., 2003); a área foliar específica apresenta dentre outras, resposta ao clima e a concentração de CO₂; a densidade específica da madeira e espessura da casca estão relacionadas a respostas a distúrbios, proteção e defesa da planta.

Tabela 1.1- Abundância de indivíduos (Ind.ha⁻¹) das espécies lenhosas nativas selecionadas (Db_{30cm} ≥ 3 cm), em 10 parcelas de 20 x 50 m nas fisionomias de Cerrado Rupestre (CR) e Cerrado Típico (CT) em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx).

Espécie	Família	Cav	Cri	Jar	Nx
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	Apocynaceae				
CR		3	65	48	25
CT		13	64	36	69
<i>Byrsonima pachyphylla</i> A. Juss.	Malpighiaceae				
CR		43	38	53	13
CT		118	36	54	105
<i>Davilla elliptica</i> A.St.-Hil.	Dilleniaceae				
CR		80	26	172	52
CT		172	118	111	145
<i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Baill.	Ochnaceae				
CR		15	31	67	4
CT		33	203	157	49

Fonte: Gomes et al. (2011), Santos et al. (2012a, 2012b), Mews et al. (2014).

1.3.3- Descrição das espécies alvo

Aspidosperma tomentosum Mart.: Pertence à família Apocynaceae e é conhecida popularmente como Peroba-do-Cerrado (SILVA-JÚNIOR et al., 2005) (Figura 1.2A). A espécie possui ampla distribuição no bioma Cerrado (RATTER et al., 2003) ocorrendo também na Amazônia e Caatinga (KOCH et al., 2014). É árvore decídua com tronco e ramos tortuosos, casca suberosa, espessa e clara (SILVA-JÚNIOR et al. 2005) e com folhas simples e alternas; flores pequenas, reunidas em inflorescências cimosas densas; frutos compostos por um ou dois folículos largo-ovalados (DURIGAN et al., 2004); a floração acontece de julho a outubro; a frutificação de agosto a outubro e a dispersão, em geral, é por anemocoria (SILVA-JÚNIOR et al., 2005). Possui potencial para o paisagismo; os frutos e as sementes são usados no artesanato (SILVA-JÚNIOR et al., 2005).

Byrsonima pachyphylla A. Juss.: Pertence à família Malpighiaceae e é conhecida popularmente como Murici (SILVA-JÚNIOR et al., 2005) (Figura 1.2B). A espécie possui ampla distribuição no bioma Cerrado (RATTER et al., 2003) ocorrendo também na Amazônia (MAMEDE, 2014). É árvore sempre-verde com casca áspera e escura e apresenta ramos pilosos (SILVA-JÚNIOR et al., 2005) com folhas simples, opostas e sésseis; flores amarelas tornando-se alaranjadas quando velhas; frutos do tipo drupa

globosa amarela e comestíveis (DURIGAN et al., 2004); a floração acontece de maio a outubro; a frutificação de junho a julho e a dispersão, em geral, é por ornitocoria (SILVA-JÚNIOR et al., 2005). Quanto ao uso da espécie, a casca é utilizada como antifebril, os ramos e folhas são diuréticos e os frutos são laxantes brandos (SILVA-JÚNIOR et al., 2005).

Davilla elliptica A.St.-Hil.: Pertence à família Dilleniaceae e é conhecida popularmente como Lixeirinha (SILVA-JÚNIOR et al., 2005) (Figura 1.2C). A espécie possui ampla distribuição no bioma Cerrado (RATTER et al., 2003) ocorrendo também na Amazônia e Caatinga (FRAGA, 2014). É árvore decídua que apresenta casca com fissuras sinuosas e descontínuas (SILVA-JÚNIOR et al., 2005) e com folhas simples e alternas; flores pequenas, amareladas em racemos axilares, frutos tipo cápsula globosa (DURIGAN et al., 2004); a floração acontece de junho a setembro; a frutificação de julho a outubro e a dispersão, em geral, é por ornitocoria (SILVA-JÚNIOR et al., 2005). Quanto ao uso da espécie, as folhas são utilizadas como lixas e na medicina as raízes são adstringentes, laxativas e tônicas (SILVA-JÚNIOR et al., 2005).

Ouratea hexasperma (A.St.-Hil.) Baill.: Pertence à família Ochnaceae e é conhecida popularmente como Vassoura-de-bruxa (SILVA-JÚNIOR et al., 2005) (Figura 1.2D). A espécie possui ampla distribuição no bioma Cerrado (RATTER et al., 2003). É árvore sempre-verde que apresenta casca com fissuras esparsas, descontínuas e sinuosas (SILVA-JÚNIOR et al., 2005) e com folhas simples e alternas; flores amarelas; frutos carnosos; floração acontece de julho a outubro; a frutificação de outubro a janeiro e a dispersão, em geral, é por ornitocoria (SILVA-JÚNIOR et al., 2005). Quanto ao uso da espécie, possui potencial para paisagismo e na medicina popular sua casca é usada como cicatrizante (SILVA-JÚNIOR et al., 2005).



Figura 1.2- Aspecto geral de *Aspidosperma tomentosum* Mart. (Apocynaceae) (A), *Byrsonima pachyphylla* A. Juss. (Malpighiaceae) (B), *Davilla elliptica* A.St.-Hil. (Dilleniaceae) (C) e *Ouratea hexasperma* (A.St.-Hil.) Baill. (Ochnaceae) (D). Fotos: José Roberto Rodrigues Pinto.

2- COMPARAÇÃO DA ESTRUTURA POPULACIONAL DE QUATRO ESPÉCIES LENHOSAS NATIVAS EM CERRADO RUPESTRE E CERRADO TÍPICO

2.1- RESUMO

Compreender os processos ecológicos que influenciam e regulam as comunidades vegetais e as populações que nelas estão inseridas é fundamental para o entendimento dos padrões de distribuição das espécies. O objetivo deste trabalho foi comparar a contribuição e a estrutura populacional de quatro espécies lenhosas nativas do Cerrado (*Aspidosperma tomentosum* Mart., *Byrsonima pachyphylla* A. Juss., *Davilla elliptica* A.St.-Hil. e *Ouratea hexasperma* (A.St.-Hil.) Baill. com ocorrência em áreas adjacentes, mas em condições ambientais distintas: Cerrado Rupestre e Cerrado Típico, bem como relacionar a distribuição de diâmetro com os atributos funcionais: altura total, espessura da casca e projeção da copa. As populações contribuíram de forma distinta com relação à estruturação da vegetação de Cerrado Rupestre e Cerrado Típico, com diferentes posições no ranking do IVI. Não observamos padrão evidente de distribuição de altura e diâmetro dos indivíduos, cada população se apresentou de maneira diferenciada. Encontramos associação entre diâmetro do caule e os atributos funcionais nas populações e essas associações não tiveram influência do ambiente. Verificamos, portanto, que a contribuição e a estrutura populacional não tem padrão definido e este comportamento não está relacionado às condições ambientais.

Palavras-chave: afloramentos rochosos, atributos funcionais, Cerrado, classe de altura, classe de diâmetro.

2.2- ABSTRACT

Understand the ecological processes that influence and regulate the plant communities and the population in which they are inserted is critical to the understanding of the patterns of species distribution. The objective of this study was to compare the contribution and the population structure of four native woody species of Cerrado (*Aspidosperma tomentosum* Mart. *Byrsonima pachyphylla* A. Juss., *Davilla elliptica* A.St.Hil. and *Ouratea hexasperma* A.St.- Hil) Baill. occurring in adjacent areas, but in different environmental conditions: Rocky Outcrop Savanna and Typical Cerrado as well as relate the distribution of diameter with the functional attributes: total height,

shell thickness and canopy projection. Populations have contributed differently regarding to the structuring of Rocky Outcrop Savanna and Typical Cerrado vegetation with different positions in the ranking of the IVI. We did not observe clear pattern of distribution of height and diameter of individuals, each population presented itself in a different way. There was an association between stem diameter and functional attributes in populations and these associations did not have influence of the environment. We find, therefore, that the contribution and population structure do not have set standard and this behavior is not related to environmental conditions.

Keywords: rocky outcrops, functional attributes, Cerrado, height class, diameter class.

2.3- INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado é caracterizado como um complexo mosaico vegetacional (FELFILI; SILVA-JÚNIOR, 1993), podendo apresentar diferentes tipos fisionômicos em curto espaço na paisagem em função da heterogeneidade ambiental (OLIVEIRA-FILHO et al., 1986; OLIVEIRA-FILHO et al., 1989). Dentre as várias fitofisionomias compreendidas pelo bioma destaca-se o Cerrado sentido restrito (RIBEIRO; WALTER 2008), por ocupar cerca de 61% da extensão do bioma (SANO et al., 2010) e apresentar elevada riqueza florística com até 100 espécies de árvores por hectare (FELFILI; SILVA-JÚNIOR, 1993). O Cerrado sentido restrito pode ser dividido em quatro subtipos (Cerrado Denso, Cerrado Típico, Cerrado Ralo e Cerrado Rupestre), em função principalmente da estrutura do componente lenhoso e de maneira complementar pela composição florística arbustivo-arbórea e condições ambientais do substrato no caso do Cerrado Rupestre (RIBEIRO; WALTER, 2008). Essas diferenças podem ser influenciadas pelas condições ambientais locais, topográficas, precipitação, assim como pela frequência de queimadas e por ações antrópicas (EITEN, 1972; FURLEY, 1999; OLIVEIRA-FILHO; MARTINS, 1986; OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 2002). Outros fatores que também podem ser levados em consideração são variação altitudinal, latitudinal e longitudinal (RATTER; DARGIE, 1992; FRANÇOSO et al., 2016) e principalmente condições edáficas, em que propriedades físicas moldam a estratificação da vegetação enquanto as propriedades químicas influenciam a composição florística (COLE, 1986; OLIVEIRA-FILHO et al., 1989).

Compreender os processos ecológicos que regulam as comunidades vegetais e as populações que as compõem se faz necessário para o entendimento dos padrões de

distribuição e ocorrência das espécies (CARVALHO et al., 2009), principalmente em ambientes distintos como Cerrado Rupestre e o Cerrado Típico. Para avaliar a distribuição das espécies, estudos de caracterização como os inventários florísticos e fitossociológicos são ferramentas indispensáveis que possibilitam o conhecimento qualitativo e quantitativo da flora de determinado local (FELFILI et al., 2005). Além disso, subsidiam hipóteses de relação entre planta e condições ambientais (MORO; MARTINS, 2011) e permitem monitorar eventuais alterações na estrutura da vegetação (PEREIRA-JÚNIOR et al., 2012). Aliado aos inventários florísticos e fitossociológicos, a medição do diâmetro e altura fornece a estrutura de tamanho das populações que compõem a comunidade (FELFILI; SILVA-JÚNIOR, 1988; SCHIAVINI et al., 2001). Apesar de importante, o enfoque de grande parte dos estudos é para distribuição de altura e de diâmetro de comunidades (MARIMON et al., 2001; PINTO et al., 2009; GOMES et al., 2011; MARACAHIPES et al., 2011), sendo poucos estudos conduzidos para populações, abordando o Cerrado Típico (SOUSA; COIMBRA, 2005; GUILHERME; OLIVEIRA, 2011, FARIA et al., 2013) e principalmente o Cerrado Rupestre.

Estudos que investigam características funcionais com ênfase populacional ainda são escassos, apesar do rápido progresso em direção à compreensão de que os atributos ou traços das plantas são relevantes para a dinâmica da comunidade e de ecossistemas locais (CORNELISSEN et al., 2003). Os atributos funcionais são definidos como traços morfo-fisio-fenológicos que influenciam indiretamente os três componentes do desempenho individual das espécies de plantas: o crescimento, a reprodução e a sobrevivência (VIOLLE et al., 2007). Portanto, associar dados de distribuição demográfica das espécies com seus atributos funcionais pode revelar pistas sobre os mecanismos que regulam a distribuição e estruturação das populações nos diferentes ambientes.

O objetivo deste capítulo foi comparar a contribuição e a estrutura populacional de quatro espécies lenhosas nativas do Cerrado em áreas de Cerrado Rupestre e Cerrado Típico, bem como relacionar a distribuição diamétrica com os atributos funcionais. A fim de atender o objetivo proposto formulamos as seguintes perguntas: 1) Qual a contribuição das populações de *Aspidosperma tomentosum* Mart., *Byrsonima pachyphylla* A. Juss., *Davilla elliptica* A.St.-Hil. e *Ouratea hexasperma* (A. St.-Hil.) Baill. na estruturação da vegetação lenhosa em áreas de Cerrado Rupestre e Cerrado

Típico? 2) A distribuição de frequência dos indivíduos nas classes de diâmetro e de altura para as populações lenhosas nativas difere entre áreas com condições ambientais distintas? 3) Existe associação entre o diâmetro do caule e altura total, espessura de casca e projeção da copa nas espécies lenhosas nativas investigadas em áreas com condições ambientais diferentes?

2.4- MATERIAL E MÉTODOS

2.4.1- Áreas de estudo

Veja descrição no Capítulo 1.

2.4.2- Descrição das espécies alvo

Veja descrição no Capítulo 1.

2.4.3- Coleta de dados

Para descrever a estrutura das populações lenhosas no Cerrado Rupestre (CR) e Cerrado Típico (CT) nos sítios Cavalcante-GO, Cristalina-GO, Jaraguá-GO e Nova Xavantina-MT, em cada fitofisionomia foram estabelecidas 10 parcelas de 20 × 50 m, espaçadas cerca de pelo menos 150 m entre si, como recomendado por Felfili et al. (2005). Esta etapa foi realizada durante a execução do “Projeto Cerrado Rupestre: conhecer para Preservar” e os dados podem ser consultados em Santos et al. (2012a, 2012b) e Mews et al. (2014), bem como em Gomes et al. (2011) para o sítio de Nova Xavantina. Para o presente estudo todos os indivíduos das espécies alvo (veja item 1.3.3, Capítulo 1) que apresentassem diâmetro da base medido a 30 cm do solo – $Db_{30cm} \geq 3$ cm foram incluídos na amostragem e tiveram Db_{30cm} e altura total mensuradas.

Selecionamos oito populações de cada espécie (*A. tomentosum*, *B. pachyphylla*, *D. elliptica* e *O. hexasperma*), sendo que em cada população amostramos 10 indivíduos em Cerrado Rupestre e Cerrado Típico nos quatro sítios. A partir desse momento, todos os parâmetros mensurados referem-se aos indivíduos selecionados.

Mensuramos a altura total com o auxílio de régua telescópica e o diâmetro com auxílio de fita métrica. Para mensurar a espessura da casca utilizamos o medidor de casca modelo Haglof. Obtivemos a área de projeção da copa tomando duas medidas com auxílio de fita métrica, o maior diâmetro (A) e o diâmetro perpendicular a este (B) e calculamos através da fórmula: Área da copa = $A \times B \times \pi/4$, conforme adotado por Macedo (1991).

2.4.4- Análises de dados

A contribuição individual das quatro espécies selecionadas na estruturação da vegetação lenhosa em cada um dos sítios amostrados foi expressa pelo Índice de Valor de Importância – IVI. O IVI foi obtido com base na soma dos valores relativos dos parâmetros de densidade, dominância e frequência (MÜELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974), calculados no programa Mata Nativa 2.0 (CIENITEC, 2006).

Para comparar as distribuições de frequências nas classes de altura e de diâmetro entre as populações e entre CR e CT, aplicamos o teste Kolmogorov-Smirnov (KS) (SIEGEL; CASTELLAN-JÚNIOR, 1988), a partir do programa BioEstat 5.3 (AYRES et al., 2007). Adotamos os mesmos intervalos de classes fixos, tanto para a altura (1,0 m) como para o diâmetro (1,0 cm), para todas as populações a fim de facilitar as comparações.

Por último, empregamos a correlação de *Spearman* (SOKAL; ROHLF, 1981), para avaliar a relação entre os parâmetros diâmetro *vs.* altura, diâmetro *vs.* espessura da casca e diâmetro *vs.* projeção da copa. Devido à limitação metodológica para mensurar a espessura de casca em indivíduos finos, optamos por restringir as análises de correlação aos indivíduos com $Db_{30cm} \geq 5$ cm. Para processar a análise utilizamos o programa BioEstat 5.3 (AYRES et al., 2007). Ressaltamos que as comparações entre as populações referem-se a “indivíduos da mesma espécie” e não entre indivíduos de espécies diferentes. Isso vale para os demais capítulos.

2.5- RESULTADOS

2.5.1- Estrutura das populações

As quatro populações apresentaram diferentes pesos na contribuição da estruturação das comunidades, entre os ambientes e sítios estudados (Tabela 2.1). *A. tomentosum* esteve entre as 15 espécies mais importantes em termos de IVI no CR e CT em Cristalina e no CT em Nova Xavantina. *B. pachyphylla* ocupou o terceiro e o sétimo lugar no ranque do IVI no CT em Cavalcante e Nova Xavantina. Já *O. hexasperma* foi bem representada no CT em Cristalina e Jaraguá, ocupando o quarto maior IVI em ambas. Porém, no CR em Jaraguá apresentou o menor valor de IVI. *D. elliptica* só não esteve entre as espécies mais importantes no CR em Cristalina e Nova Xavantina.

Tabela 2.1- Índice de valor de importância (IVI) das espécies lenhosas ($Db_{30cm} \geq 3$ cm) investigadas em Cerrado Rupestre (CR) e Cerrado Típico (CT) amostradas em 10 parcelas de 20 x 50 m, em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx). Valores em negrito indicam que as espécies estão entre as 15 mais importantes em termos de porcentagem do IVI na comunidade. Valores entre parênteses indicam a posição no ranque do IVI.

	Cav		Cri		Jar		Nx	
	CR	CT	CR	CT	CR	CT	CR	CT
<i>Aspidosperma tomentosum</i>	0,35 (55°)	1,27 (24°)	2,96 (9°)	2,23 (11°)	1,89 (23°)	1,47 (24°)	1,17 (26°)	2,13 (13°)
<i>Byrsonima pachyphylla</i>	1,75 (17°)	6,36 (3°)	1,78 (17°)	1,61 (20°)	1,94 (20°)	1,89 (19°)	0,7 (41°)	3,04 (7°)
<i>Davilla elliptica</i>	2,12 (12°)	8,66 (1°)	1,59 (21°)	3,3 (6°)	4,16 (5°)	3,26 (7°)	1,59 (19°)	3,99 (3°)
<i>Ouratea hexasperma</i>	0,82 (31°)	1,72 (17°)	1,83 (16°)	4,96 (4°)	2,26 (15°)	4,44 (4°)	0,4 (54°)	1,68 (17°)

Fonte: Gomes et al. (2011), Santos et al. (2012a, 2012b), Mews et al. (2014).

As populações contribuíram de forma diferente com relação aos parâmetros que compõem o IVI na estruturação da vegetação no CR e CT (Figura 2.1). Há populações que apresentaram dominância e densidade mais elevadas do que frequência (p. ex. *B. pachyphylla* no CT em Cavalcante e *D. elliptica* no CR em Jaraguá); há populações em que a dominância e densidade foram baixas, mas a frequência foi alta (p. ex. *A. tomentosum* no CT em Cavalcante e *O. hexasperma* no CR em Nova Xavantina); há populações que apresentaram contribuições equitativas entre os parâmetros (p. ex. *O. hexasperma* no CT em Nova Xavantina e *A. tomentosum* no CR em Jaraguá).

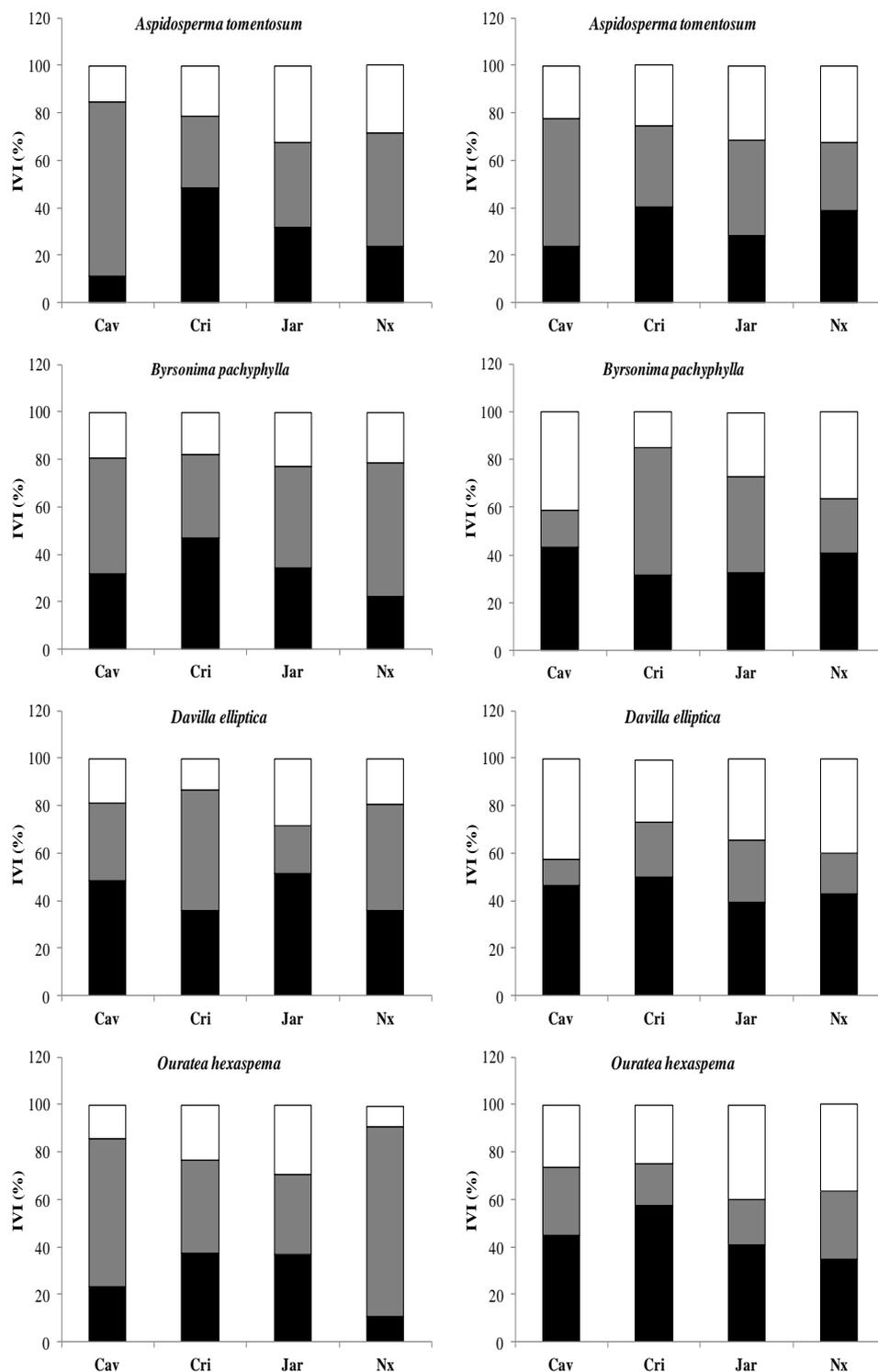


Figura 2.1- Contribuição dos parâmetros que compõem o Índice de valor de importância (IVI) para *Aspidosperma tomentosum* Mart., *Byrsonima pachyphylla* A. Juss., *Davilla elliptica* A.St.-Hil. e *Ouratea hexasperma* (A.St.-Hil.) Baill., no Cerrado Rupestre (Coluna da esquerda) e Cerrado Típico (Coluna da direita) amostradas em 10 parcelas de 20 x 50 m, em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx). Dominância Relativa (□), Frequência Relativa (■) e Densidade Relativa (■).

2.5.2- Distribuição de altura

De forma geral, os valores medianos de altura foram mais elevados nas populações de CT (Figura 2.2). A maior altura mediana registrada foi para *A. tomentosum* no CR em Cavalcante e a menor foi para *O. hexasperma* no CT em Cristalina. Comparando a distribuição de altura para mesma espécie entre CR e CT observamos que as populações de *A. tomentosum* não diferiram entre os ambientes em nenhum dos sítios ($p > 0,05$). Houve distinção das populações de *B. pachyphylla* (KS, $\chi^2= 27,24$, $p < 0,05$) e *D. elliptica* (KS, $\chi^2= 66,55$, $p < 0,05$) entre CR e CT em Cavalcante. As populações de *O. hexasperma* diferiram entre os ambientes nos sítios Cavalcante (KS, $\chi^2= 22,55$, $p < 0,05$) e Cristalina (KS, $\chi^2= 8,65$, $p < 0,05$). Não foi possível aplicar o teste para as populações de *A. tomentosum* em Cavalcante e *O. hexasperma* em Nova Xavantina, devido ao número reduzido de indivíduos registrados.

Notamos o padrão de distribuição unimodal, caracterizado por elevado número de indivíduos nas classes intermediárias e reduzido número de indivíduos nas menores e maiores classes, para *A. tomentosum* no CT em Nova Xavantina e no CR em Cristalina, Jaraguá e Nova Xavantina; e para *B. pachyphylla* no CT em Cavalcante, Jaraguá e Nova Xavantina e no CR em Cavalcante e Jaraguá (Figura 2.3). Não foi possível avaliar o comportamento dos indivíduos de *A. tomentosum* no CR em Cavalcante, pois neste sítio foi registrado número reduzido de indivíduos ($n = 3$), sendo que a altura total dos indivíduos variou entre 2,4 a 4,4 m.

Observamos maior concentração de indivíduos nas duas primeiras classes na população de *D. elliptica* no CT em Cristalina e nos demais sítios verificamos o padrão unimodal (Figura 2.4). As populações de *O. hexasperma* distribuíram-se de maneira unimodal no CT e CR em Jaraguá e no CT em Nova Xavantina. Não foi possível avaliar o comportamento de *O. hexasperma* no CR em Nova Xavantina, pois neste sítio foi registrado número reduzido de indivíduos ($n = 4$) cuja altura total variou entre 1,3 a 3,2 m.

A maioria das populações não apresentou registro de indivíduos em pelo menos uma classe de altura, sendo que *B. pachyphylla* apresentou três interrupções diamétricas (classes sem indivíduos) no CT em Cristalina e no CR em Nova Xavantina (Figura 2.3). O mesmo ocorreu com *O. hexasperma* no CR em Cristalina (Figura 2.4).

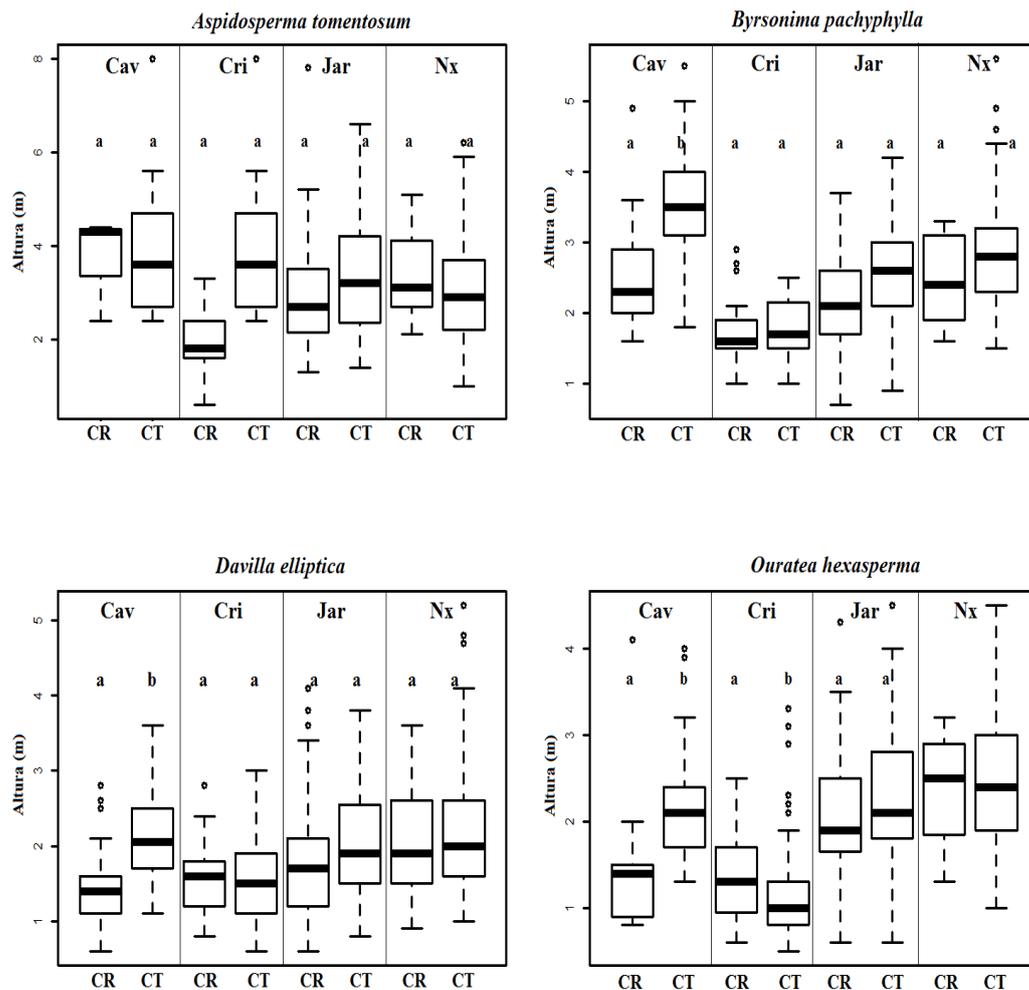


Figura 2.2- Comparações par a par da altura entre Cerrado Rupestre (CR) e Cerrado Típico (CT) para as populações de *Aspidosperma tomentosum* Mart., *Byrsonima pachyphylla* A. Juss., *Davilla elliptica* A.St.-Hil. e *Ouratea hexasperma* (A.St.-Hil.) Baill. em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx). Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (5%). A linha horizontal indica a mediana, a linha superior o quartil superior, a linha inferior o quartil inferior e as barras indicam valores máximos e mínimos. O teste não foi realizado entre as populações de *A. tomentosum* em Cavalcante e *O. hexasperma* em Nova Xavantina, devido ao número reduzido de indivíduos registrados.

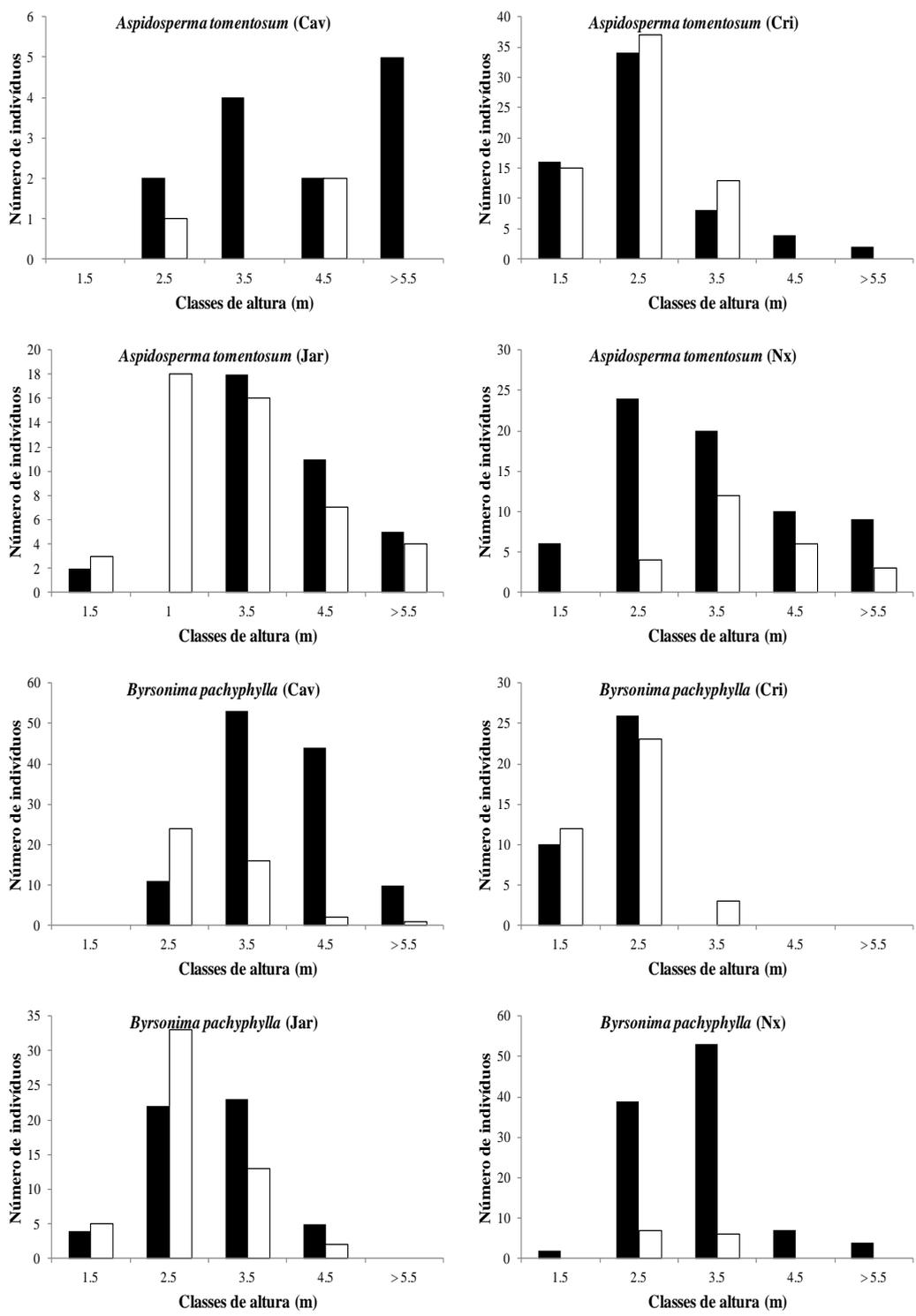


Figura 2.3- Distribuição dos indivíduos em classes de altura para *Aspidosperma tomentosum* Mart. e *Byrsonima pachyphylla* A. Juss. no Cerrado Típico (■) e Cerrado Rupestre (□), amostradas em 10 parcelas de 20 x 50 m, em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx).

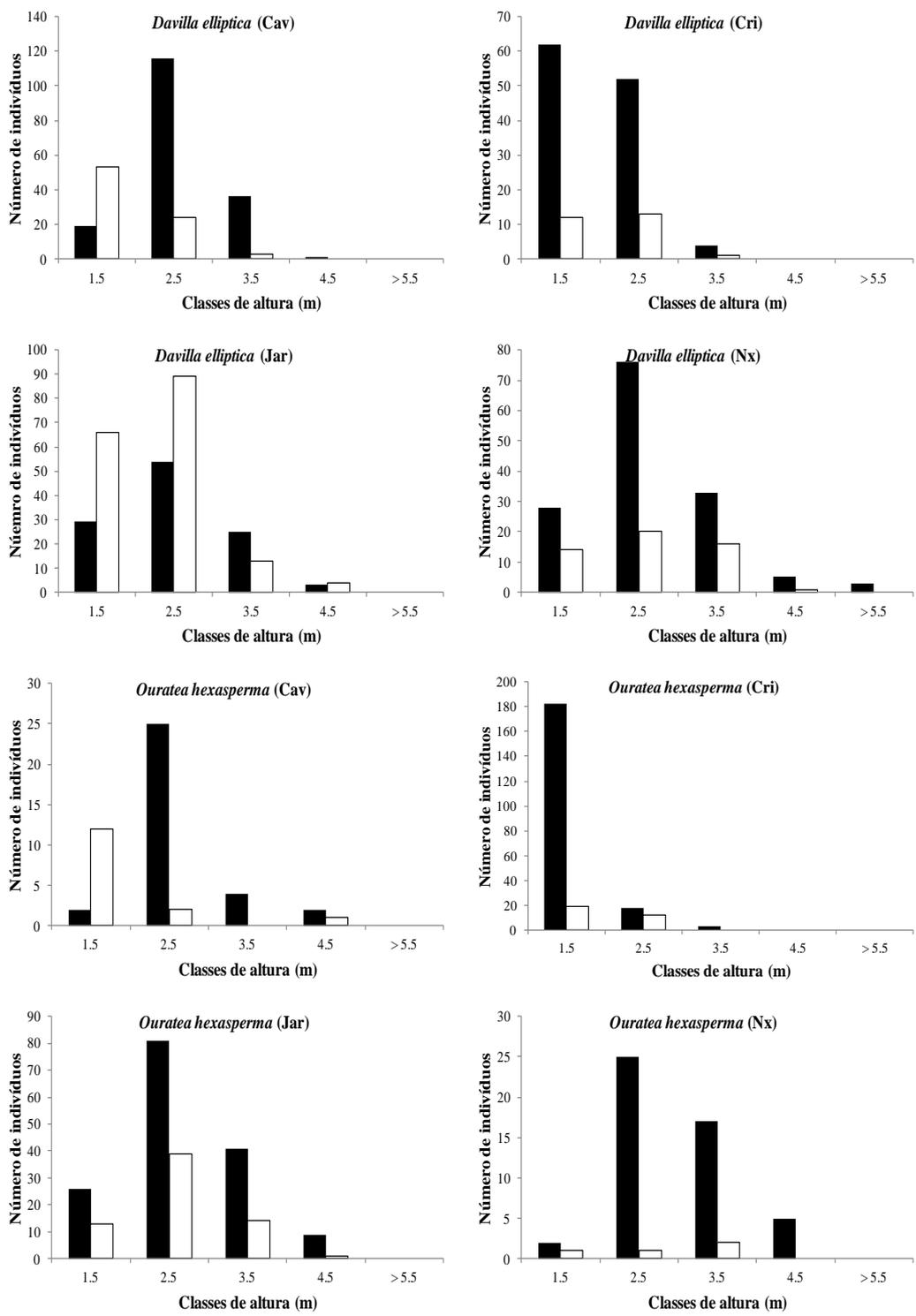


Figura 2.4- Distribuição dos indivíduos em classes de altura para *Davilla elliptica* A. St.-Hil. e *Ouratea hexasperma* (A.St.-Hil.) Baill. e Cerrado Típico (■) e Cerrado Rupestre (□), amostrados em 10 parcelas de 20 x 50 m, nos quatro sítios inventariados em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx).

2.5.3- Distribuição de diâmetro

Não observamos predominância de diâmetro mediano entre as populações de CR e CT (Figura 2.5). Os indivíduos de *A. tomentosum* apresentaram maior diâmetro mediano no CR em Cavalcante e o menor diâmetro mediano foi representado pelos indivíduos de *D. elliptica* no CR em Cristalina. Comparando a distribuição diamétrica entre as populações, observamos que *A. tomentosum* diferiu apenas entre CR e CT em Nova Xavantina (KS, $x^2= 10,13$, $p < 0,05$). Houve distinção para *B. pachyphylla* entre os ambientes em Cavalcante (KS, $x^2= 13,88$, $p < 0,05$). Já populações de *D. elliptica* diferiram entre CR e CT nos sítios Cavalcante (KS, $x^2= 75,83$, $p < 0,05$) e Jaraguá (KS, $x^2= 15,61$, $p < 0,05$). Para *O. hexasperma* houve diferença apenas no sítio Cristalina (KS, $x^2= 10,07$, $p < 0,05$). Não foi possível aplicar o teste para as populações de *A. tomentosum* em Cavalcante e *O. hexasperma* em Nova Xavantina, devido ao número reduzido de indivíduos registrados.

A distribuição de diâmetro variou de acordo com as espécies. As populações de *A. tomentosum* apresentaram variações com alternância no número de indivíduos no CR e CT em Jaraguá e Nova Xavantina (Figura 2.6). Porém, em Cristalina verificamos padrão de distribuição J-reverso, tanto no CT quanto no CR (Figura 2.6). Não foi possível avaliar o comportamento dos indivíduos de *A. tomentosum* no CR em Cavalcante, pois neste sítio foi registrado número reduzido de indivíduos ($n = 3$), sendo que o diâmetro variou entre 4,1 a 13,9 cm.

A população de *B. pachyphylla* foi representada por muitos indivíduos nas quatro primeiras classes diamétricas no CT em Nova Xavantina (Figura 2.6). Ao passo que apresentou variações na distribuição de classes de diâmetro, com alternância no número de indivíduos no CT em Cavalcante e Jaraguá e no CR em todos os sítios (Figura 2.6). Para *D. elliptica* foram registradas variações com alternância no número de indivíduos no CT em Cavalcante e Jaraguá e no CT e CR em Nova Xavantina (Figura 2.7). Porém, registramos o padrão J-reverso no CT em Cristalina e no CR em Cavalcante, Cristalina e Jaraguá (Figura 2.7).

Para *O. hexasperma* verificamos número elevado de indivíduos nas classes intermediárias em Jaraguá no CR e CT, porém, não constatamos esse padrão para os demais sítios (Figura 2.7). Observamos o padrão de distribuição J-reverso no CT em Cristalina e variações nas classes de diâmetro, com alternância no número de indivíduos no CT em Nova Xavantina e CT e CR em Cavalcante (Figura 2.7). Não foi possível

avaliar o comportamento dos indivíduos de *O. hexasperma* no CR em Nova Xavantina, pois neste sítio foi registrado número reduzido de indivíduos ($n = 4$), com diâmetro variando entre 3,2 a 12,0 cm. Para todas as populações, observamos ausência de indivíduos em pelo menos uma das classes de diâmetro em pelo menos um dos ambientes (Figura 2.6 e 2.7).

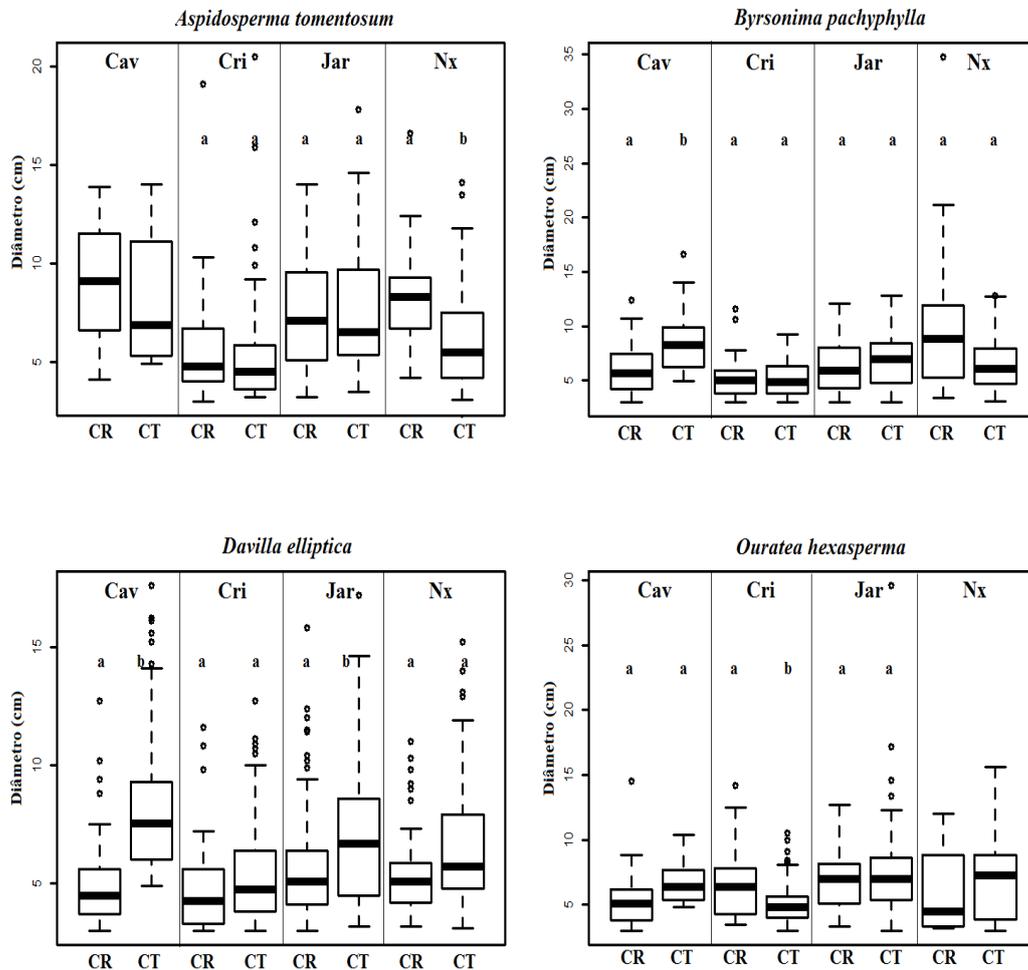


Figura 2.5- Comparações par a par do diâmetro entre Cerrado Rupestre (CR) e Cerrado Típico (CT) para as populações de *Aspidosperma tomentosum* Mart., *Byrsonima pachyphylla* A. Juss., *Davilla elliptica* A.St.-Hil. e *Ouratea hexasperma* (A.St.-Hil.) Baill. em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx). Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (5%). A linha horizontal indica a mediana, a linha superior o quartil superior, a linha inferior o quartil inferior e as barras indicam valores máximos e mínimos. O teste não foi realizado entre as populações de *A. tomentosum* em Cavalcante e *O. hexasperma* em Nova Xavantina, devido ao número reduzido de indivíduos registrados.

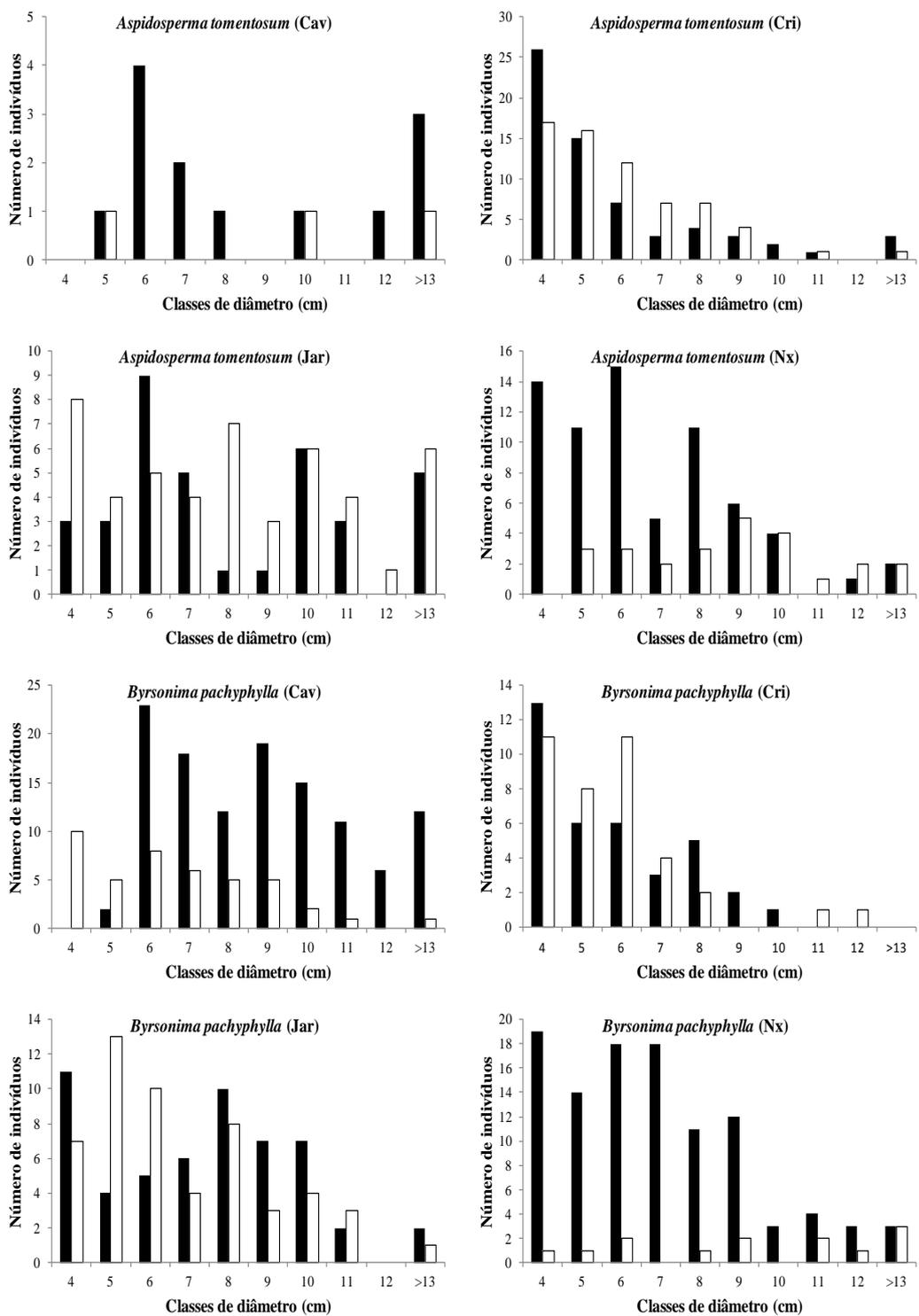


Figura 2.6- Distribuição dos indivíduos em classes de diâmetro para *Aspidosperma tomentosum* Mart. e *Byrsonima pachyphylla* A. Juss. no Cerrado Típico (■) e Cerrado Rupestre (□), amostrados em 10 parcelas de 20 x 50 m, em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx).

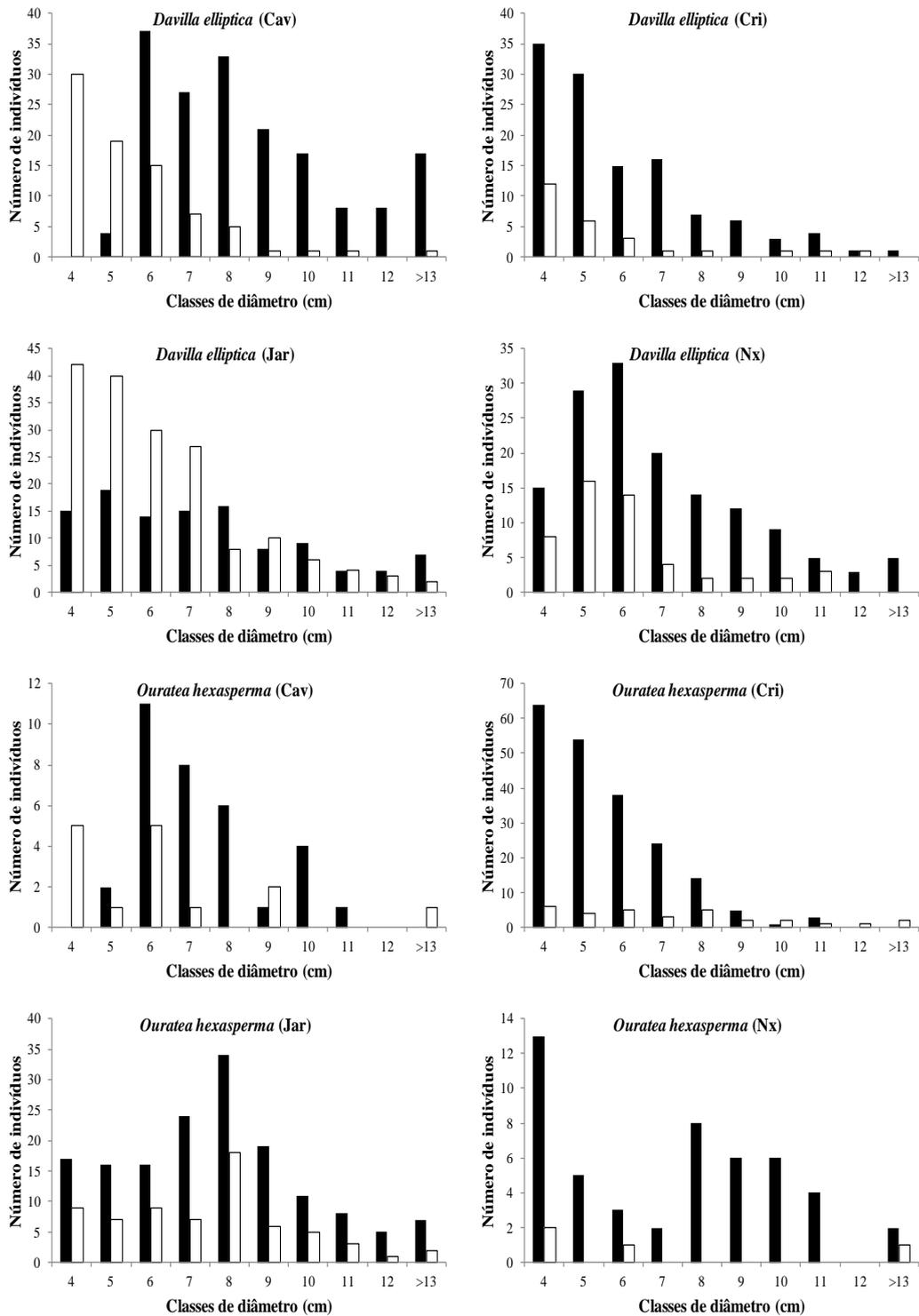


Figura 2.7- Distribuição dos indivíduos em classes de diâmetro para *Davilla elliptica* A.St.-Hil. e *Ouratea hexasperma* (A.St.-Hil.) Baill. no Cerrado Típico (■) e Cerrado Rupestre (□), amostrados em 10 parcelas de 20 x 50 m, em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx).

A área basal total foi maior para todas as espécies do CT em Cavalcante e Nova Xavantina, sendo que os maiores e menores valores foram registrados para *D. elliptica* no CT em Cavalcante e *O. hexasperma* no CR em Nova Xavantina, respectivamente (Tabela 2.2).

Tabela 2.2- Área basal total (m²) dos indivíduos em Cerrado Rupestre (CR) e Cerrado Típico (CT) das populações amostradas em 10 parcelas de 20 x 50 m, em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx). Valores em negrito indicam o maior valor na comparação entre CR e CT para o mesmo sítio.

	Cav		Cri		Jar		Nx	
	CT	CR	CT	CR	CT	CR	CT	CR
<i>Aspidosperma tomentosum</i>	0,07	0,02	0,19	0,18	0,20	0,25	0,23	0,15
<i>Byrsonima pachyphylla</i>	0,71	0,14	0,08	0,09	0,22	0,18	0,38	0,06
<i>Davilla elliptica</i>	0,99	0,17	0,30	0,06	0,49	0,49	0,55	0,13
<i>Ouratea hexasperma</i>	0,12	0,04	0,43	0,12	0,77	0,27	0,21	0,01

2.5.4- Relação entre os atributos funcionais

O diâmetro do caule foi associado positivamente à altura total para todas as populações tanto no CR como no CT ($p < 0,05$) (Figura 2.8). Porém, a correlação foi considerada forte apenas para *A. tomentosum* no CT ($r_s = 0,74$). A mesma associação significativa ocorreu entre diâmetro e projeção da copa ($p < 0,05$), para todas as populações em CR e CT (Figura 2.8), sendo que em todas a correlação foi forte ($r_s > 0,70$).

A relação entre diâmetro do caule e espessura da casca variou entre as populações. Houve relação significativa ($p < 0,05$) para *D. elliptica* e *O. hexasperma* (Figura 2.8), sendo que a correlação foi considerada forte apenas para *O. hexasperma* no CT ($r_s = 0,72$). Por outro lado, as demais populações apresentaram correlações entre os atributos investigados em apenas um dos ambientes, como foi o caso de *A. tomentosum* no CR e *B. pachyphylla* no CT com correlação moderada ($r_s = 0,54$) e fraca ($r_s = 0,35$), respectivamente.

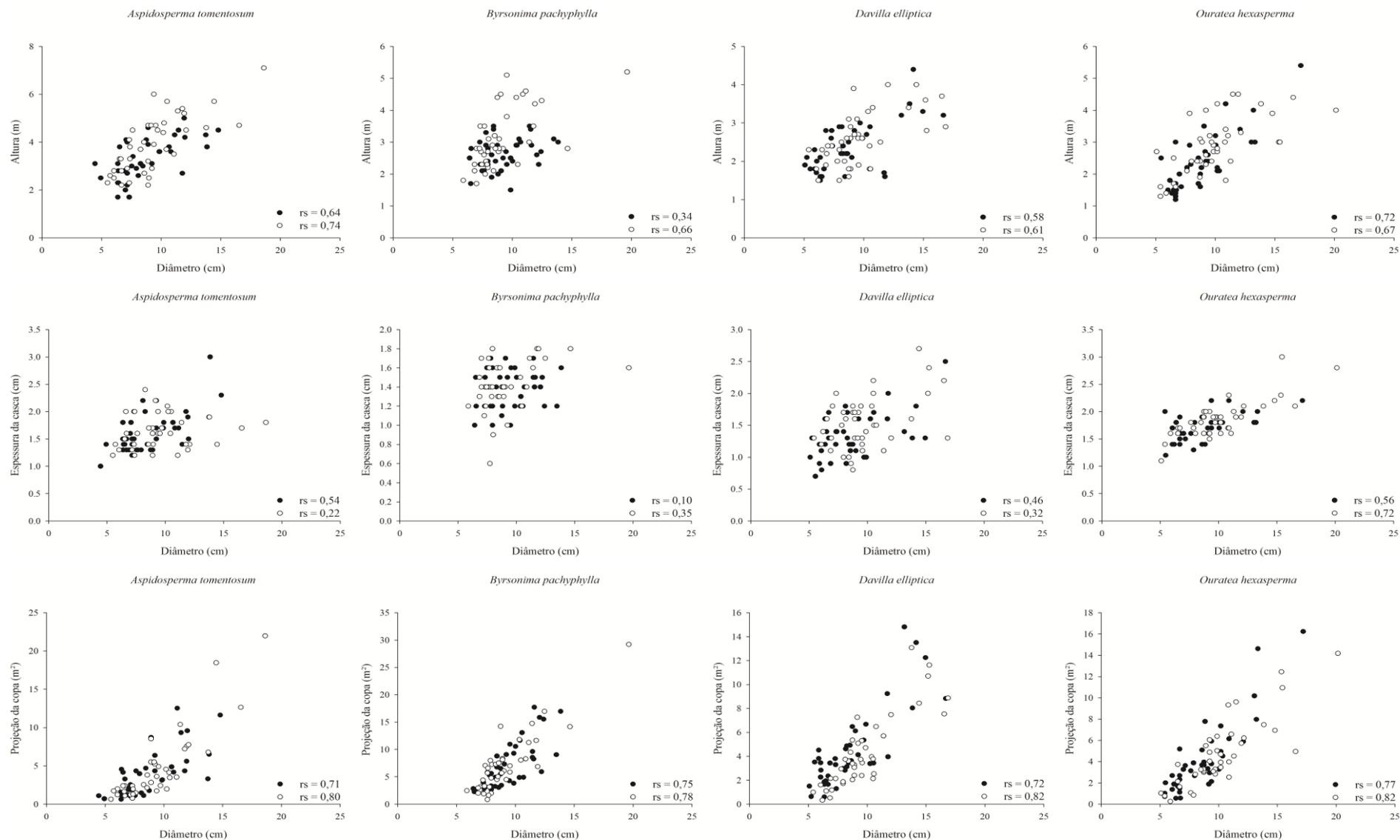


Figura 2.8- Correlações entre diâmetro vs. altura, diâmetro vs. espessura de casca e diâmetro vs. projeção da copa para os indivíduos de *Aspidosperma tomentosum* Mart., *Byrsonima pachyphylla* A. Juss., *Davilla elliptica* A.St.-Hil. e *Ouratea hexasperma* (A.St.-Hil.) Baill. em Cerrado Rupestre (●) e Cerrado Típico (○) em Cavalcante-GO, Cristalina-GO, Jaraguá-GO e Nova Xavantina-MT.

2.6- DISCUSSÃO

As diferentes posições apresentadas pelas populações na estruturação da comunidade, em termos de IVI, nos diferentes sítios provavelmente ocorreram pelo fato de as espécies explorarem de forma distinta os recursos do habitat em que estão estabelecidas. Este comportamento reflete em sucesso diferenciado das espécies em colonizar determinado local (FELFILI; REZENDE, 2003). Este fato se confirma quando observamos o comportamento de *D. elliptica* (1° e 12° lugar em IVI) em Cavalcante e *O. hexasperma* (4° e 15° lugar em IVI) em Jaraguá, no Cerrado Rupestre e Cerrado Típico, respectivamente. Espécies que apresentam densidade elevada em áreas de Cerrado sentido restrito geralmente exibem menores concentrações de nutrientes foliares e são consideradas menos exigentes e com bom desenvolvimento em solos distróficos (HARIDASAN, 2005).

Neste caso, considerar o particionamento do IVI permite compreender melhor como a vegetação está estruturada em termos de contribuição das populações que a compõe e deve ser mais explorado em estudos vegetacionais (PINTO et al., 2015). Em geral *A. tomentosum*, *B. pachyphylla*, *D. elliptica* e *O. hexasperma* são comumente encontradas entre as espécies mais importantes na estruturação das comunidades em Cerrado Rupestre e Cerrado Típico, porém em diferentes posições na ordem hierárquica do IVI (ASSUNÇÃO; FELFILI 2004; AMARAL et al., 2006; FELFILI; FAGG, 2007; ABREU et al., 2012; LEMOS et al., 2013; MEWS et al., 2014).

A distinção no padrão de distribuição dos indivíduos nas classes de diâmetros no Cerrado Rupestre e Cerrado Típico, nos quatro sítios, pode ser atribuída às diferentes estratégias adaptativas como, por exemplo, competição por nutrientes, regeneração, distúrbios e formas de reprodução e crescimento. O padrão J-reverso encontrado para algumas populações em determinados sítios sugere que há equilíbrio entre as taxas de mortalidade e recrutamento, podendo apresentar distribuição com tendência ao balanceamento (FELFILI; SILVA-JÚNIOR, 1988). Entretanto, variações no número de indivíduos observadas na distribuição diamétrica, podem ser reflexo do crescimento intrínseco da espécie (SCHIAVINI et al., 2001). Além disso, outro fator a ser considerado é que as espécies estudadas não tendem a apresentar indivíduos muito grossos. Por exemplo, o diâmetro do caule de *A. tomentosum* e *B. pachyphylla* em áreas de Cerrado sentido restrito não ultrapassa, aproximadamente, 27 cm e o de *O. hexasperma* e *D. elliptica* 24 cm e 23 cm, respectivamente (SILVA-JÚNIOR et al.,

2005). Portanto, cada população se distribui de forma diferente nas classes de diâmetro, não havendo relação por espécie, por sítio e ambiente.

O fato de algumas populações diferirem e outras não apresentarem diferença nas distribuições de alturas e de diâmetros entre Cerrado Rupestre e Cerrado Típico em alguns sítios, revela que não houve restrição diferenciada no desenvolvimento dos indivíduos entre os ambientes. Outros estudos também não encontraram diferença significativa entre ambientes distintos para altura (GOMES et al., 2011; ABREU et al., 2012) e para altura e diâmetro (CRISTIANINI et al. dados não publicados). Portanto, as condições ambientais não estão influenciando de maneira distinta no porte em altura e diâmetro das populações.

A relação entre diâmetro/altura e diâmetro/projeção da copa observada no Cerrado Rupestre e Cerrado Típico nos quatro sítios, pode indicar que a fisionomia a qual a espécie está estabelecida não interfere nessa relação, ou seja, independentemente se as espécies ocorrem no Cerrado Rupestre ou no Cerrado Típico, o diâmetro/altura e diâmetro/projeção da copa estão relacionados. Outros estudos destacaram essa relação entre diâmetro e altura para algumas espécies na Floresta Atlântica (SPÓSITO; SANTOS, 2001a; ALVES; SANTOS, 2002), no Cerrado sentido restrito (CARVALHO et al., 2009, GANGA et al., 2009) e no Campo Rupestre e Cerrado Rupestre (SILVA; MATA, 2007). Em contrapartida variações na relação diâmetro/altura foram detectadas ao longo de gradiente altitudinal em florestas tropicais úmidas (SCARANELLO et al., 2011). Como já mencionado anteriormente, as espécies estudadas não tendem a possuir indivíduos com caules muito grossos (SILVA-JÚNIOR et al., 2005) e de forma geral, espécies do Cerrado não investem tanto no crescimento em altura em busca de luz, já que é um ambiente que apresenta elevada radiação (HOFFMANN, 2005). Além disso, nossos resultados demonstram que poucos indivíduos apresentaram diâmetro superior a 13 cm nos dois ambientes, o que reforça que esses indivíduos não possuem tendência a apresentarem diâmetros grossos e conseqüentemente copas com grandes projeções tanto no Cerrado Rupestre quanto no Cerrado Típico. Isso significa que o ambiente rupestre, devido as suas condições restritivas, não alterou essas relações.

A relação positiva entre diâmetro do caule e espessura da casca observada na maioria das espécies indica que o Cerrado Rupestre e Cerrado Típico por constituírem formações savânicas apresentam espécies com tendência a possuir casca mais espessa a qual fornece proteção contra elevadas temperaturas durante os eventos de queimadas

(SILVA; MIRANDA, 1996; MIRANDA; SATO, 2005; SOARES; BATISTA, 2007; HOFFMANN et al., 2009). Espessuras de casca que apresentem entre 6 mm e 8mm são determinantes para a sobrevivência dos indivíduos pois impedem que o tecido do câmbio seja comprometido (GUEDES, 1993; VALE; ELIAS, 2014). Contudo, há evidências que perturbações causadas pelo fogo são mais incidentes em Cerrado Típico (GOMES et al., 2011), uma vez que este ambiente apresenta estrato graminoso mais abundante que o Cerrado Rupestre (RIBEIRO; WALTER, 2008), principalmente durante a estação seca com aumento da quantidade de material combustível (MIRANDA; SATO, 2005). Nesse sentido, a relação entre diâmetro do caule e espessura da casca confere a estes indivíduos maior taxa de resistência e sobrevivência ao fogo (HERINGER; JACQUES, 2001). Portanto, o ambiente restritivo do Cerrado Rupestre não modificou a relação diâmetro e espessura da casca, sendo que essa relação é importante principalmente para populações de Cerrado Típico, já que são mais suscetíveis à ação do fogo.

2.7- CONCLUSÃO

A contribuição das populações de espécies lenhosas nativas do Cerrado na estruturação da vegetação se dá de maneira distinta. Uma mesma espécie pode ocupar diferentes posições no ranking do IVI em áreas adjacentes de Cerrado Rupestre e Cerrado Típico. Isso nos permite afirmar que essas populações apresentam peculiaridades na colonização desses ambientes. No entanto, não há padrão evidente de distribuição de altura e diâmetro dos indivíduos, cada população se comporta de maneira diferenciada, sendo que o ambiente parece não influenciar este padrão. A associação positiva e significativa entre diâmetro do caule e os atributos funcionais das populações também não teve influência do ambiente. Portanto, a contribuição e a estrutura populacional das espécies lenhosas não são influenciadas pelas condições ambientais distintas entre Cerrado Rupestre e Cerrado Típico.

3- ATRIBUTOS FUNCIONAIS DE POPULAÇÕES LENHOSAS NATIVAS EM CERRADO RUPESTRE E CERRADO TÍPICO

3.1- RESUMO

Os ambientes rupestres são caracterizados pela presença de afloramentos rochosos, substrato com baixa disponibilidade hídrica e de nutrientes o que geralmente leva a adaptações das espécies que neles estão estabelecidas. Com o objetivo de comparar os atributos funcionais de populações com ocorrência em áreas adjacentes e condições ambientais diferentes e comparar as propriedades edáficas entre os ambientes, avaliamos os atributos funcionais de populações de espécies lenhosas nativas do Cerrado (*Aspidosperma tomentosum* Mart., *Byrsonima pachyphylla* A. Juss., *Davilla elliptica* A.St.-Hil. e *Ouratea hexasperma* (A.St.-Hil.) Baill. em áreas adjacentes de Cerrado Rupestre (CR) e Cerrado Típico (CT) e comparamos os resultados dentro da mesma espécie. Os atributos funcionais investigados foram: altura total, diâmetro do caule, espessura da casca, projeção da copa, densidade da madeira, área foliar específica e concentração de nutrientes foliares (N, P, K, Ca, Mg e S). As populações não apresentam diferenças significativas (PerMANOVA; $p < 0,05$) entre CR e CT, com base nos atributos funcionais. As propriedades físico-químicas do solo se diferenciaram entre os ambientes, sendo que a CTC foi maior no CR do que no CT. Nossos resultados sugerem que essas populações apresentam tolerância às diferenças nas condições ambientais, principalmente edáficas, entre os ambientes investigados. Concluimos que as condições restritivas do ambiente rupestre não refletem em ajustes adaptativos nos atributos funcionais das populações lenhosas nativas do Cerrado, ou seja, elas não sofrem modificações morfológicas para se estabelecerem no Cerrado Rupestre.

Palavras-chave: afloramentos rochosos, ajustes adaptativos, aspectos morfológicos, Cerrado.

3.2- ABSTRACT

Rock environments are characterized by the presence of rocky outcrops, substratum with low water availability and nutrients, which usually leads to adaptations of the species that are established. In order to compare the functional attributes of populations occurring in adjacent areas and different environmental conditions and compare the soil properties between environments, we assess the functional attributes of populations of

native woody species of Cerrado (*Aspidosperma tomentosum* Mart., *Byrsonima pachyphylla* A. Juss., *Davilla elliptica* A.St.Hil. and *Ouratea hexasperma* A.St.Hil.) Baill. in adjacent areas of Rocky Outcrop Savanna (CR) and Typical Cerrado (CT) and we compared the results within the same species. The functional attributes investigated were: total height, stem diameter, shell thickness, canopy projection, wood density, specific leaf area and concentration of foliar nutrients (N, P, K, Ca, Mg and S). Populations do not differ significantly (PerMANOVA; $p < 0.05$) between CR and CT, based on functional attributes. The physico-chemical properties of the soil differentiate between environments, and the CTC was higher in CR than in CT. Our results suggest that these populations have tolerance to changes in environmental conditions, particularly soil, among the studied environments. We conclude that the restrictive conditions of the rock environment do not reflect in adaptive adjustments of the functional attributes of native woody population in the Cerrado, that is, they do not show morphological changes to settle in Rocky Outcrop Savanna. **Keywords:** rocky outcrops, adaptive adjustments, morphological aspects, Cerrado.

3.3- INTRODUÇÃO

Os ambientes rupestres no bioma Cerrado, representados pelo Cerrado Rupestre, Campo Rupestre e Floresta Estacional Decidual sobre afloramento de calcário apresentam características ambientais particulares e flora com elevada riqueza (OLIVEIRA-FILHO; FLUMINHAN-FILHO, 1999; FELFILI et al., 2007; SANTOS et al., 2012b; MEWS et al., 2014), alto grau de endemismo, inúmeras espécies raras e muitas espécies ameaçadas de extinção (ROMERO; NAKAJIMA, 1999; SIMON; PROENÇA, 2000). No entanto, o elevado endemismo atribuído aos ambientes rupestres, parece estar mais fortemente associado com estrato herbáceo-subarbusivo do que com o estrato lenhoso, representado por arbustos e árvores (PINTO et al., 2009; MEWS et al., 2014). Santos et al. (2012a, 2012b) observaram que 74,4% das espécies de Cerrado Rupestre são de Cerrado sentido restrito, consideradas como flora acessória e apenas 4,1% são restritas, consideradas como peculiares de ambientes rupestres. Neste caso, a flora arbustivo-arbórea do Cerrado Rupestre e Cerrado Típico deve ser considerada como complementar e não equivalente (MEWS et al., 2014).

Ambientes com afloramentos rochosos são caracterizados pela baixa disponibilidade de nutrientes no solo (REATTO et al., 2008, ABREU et al., 2012,

MEWS et al., 2016). As espécies que geralmente colonizam esses ambientes apresentam adaptações à falta de água e ao substrato pouco desenvolvido, mesmo em lugares situados em climas úmidos (POREMBSKI et al., 1998). Esse déficit hídrico aliado à baixa disponibilidade de nutrientes refletem mudanças na composição florística do estrato herbáceo, aumentando a presença de plantas adaptadas à seca entre elas as suculentas (POREMBSKI, 2007). Além disso, a baixa disponibilidade de fósforo nos solos reflete na especialização de raízes das espécies para habitarem esses ambientes (OLIVEIRA et al., 2015). Porém, cabe ressaltar que esses estudos são para espécies herbáceo-subarborescentes, pouco ainda se sabe sobre ajustes adaptativos para as espécies arbustivo-arborescentes dos ambientes com afloramentos rochosos.

Recentemente os ajustes adaptativos em plantas têm sido avaliados com base nos atributos funcionais das espécies (POORTER et al., 2008; CHAVE et al., 2009). Os traços ou atributos funcionais são quaisquer características morfo-fisiológicas ou fenológicas, que são mensuráveis nas plantas e que afetam a aptidão do organismo, ou seja, são características das espécies que representam sua funcionalidade no ambiente (VIOLE et al., 2007). Além disso, processos adaptativos das populações como variação ou plasticidade fenotípica podem retratar a habilidade do organismo em alterar sua morfologia ou fisiologia devido a sua interação com o ambiente em que está estabelecido (SCHEINER, 1993). Por exemplo, árvores expostas que crescem sob estresse provocado por ventos fortes tendem a crescer mais em diâmetro do que em altura, aumentando a força da haste (LAWTON, 1984), permitindo crescimento em altura sem comprometimento da estabilidade mecânica, o que evidencia a estratégia de adaptação à sua própria sustentação (SPÓSITO; SANTOS, 2001b). Concentrações de nutrientes foliares em espécies abundantes que ocorrem em solos pobres confere a elas menor exigência atribuindo vantagem competitiva (HARIDANSAN, 2005). Casca mais espessa em Cerrado Típico confere maior proteção aos indivíduos por conta da passagem de fogo que é maior neste ambiente (GOMES et al., 2011) por conta da quantidade de combustível disponível (MIRANDA; SATO, 2005).

Assumindo que a maioria das espécies lenhosas do Cerrado Rupestre também ocorrem nas outras fitofisionomias de Cerrado sentido restrito sobre solo profundo (PINTO et al., 2009; SANTOS et al., 2012a; MEWS et al., 2014), formulamos o seguinte questionamento: como essas espécies conseguem se estabelecer em ambientes onde há restrição hídrica, baixos teores de matéria orgânica, baixa disponibilidade de

nutrientes no solo e presença de afloramentos rochosos? (BENITES et al., 2003; REATTO et al., 2008; ABREU et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2015). Com base nessas informações acreditamos que para populações de Cerrado Rupestre, a altura e projeção da copa menores e diâmetro maior conferem a elas vantagens relacionadas a estabilidade e sustentação; menor área foliar específica confere menos exigência por luz. Maior densidade da madeira proporciona maior resistência para os indivíduos. E nossa expectativa é que a casca seja mais espessa em indivíduos do Cerrado Típico como estratégia por este apresentar maior frequência de fogo.

Assim, o objetivo do presente estudo foi comparar os atributos funcionais de populações de espécies lenhosas nativas do Cerrado com ocorrência em áreas adjacentes e condições ambientais diferentes e comparar as propriedades edáficas entre os ambientes. A fim de atender a este objetivo formulamos as seguintes perguntas: 1) Há diferenças nas propriedades físico-químicas entre os dois ambientes? 2) Existe diferença nos atributos funcionais entre as mesmas espécies em função das condições ambientais do local de ocorrência? 3) As diferenças nos atributos funcionais conferem ajustes morfológicos às populações ocorrerem em condições ambientais restritivas?

3.4- MATERIAL E MÉTODOS

3.4.1- Áreas de estudo

Veja descrição no Capítulo 1.

3.4.2- Descrição das espécies alvo

Veja descrição no Capítulo 1.

3.4.3- Coleta de dados

Nas áreas de Cerrado Rupestre (CR) e Cerrado Típico (CT) nos quatro sítios, selecionamos 10 indivíduos por espécie para avaliar os atributos funcionais. Os atributos investigados foram: altura total, diâmetro do caule, espessura da casca, projeção da copa, densidade da madeira, área foliar específica e concentração de macronutrientes foliares (N, P, K, Ca, Mg e S), conforme roteiro produzido por Cornelissen et al. (2003). Consideramos como atributos funcionais o diâmetro do caule, a projeção da copa e os macronutrientes foliares (K, Ca, Mg e S), apesar de não constarem no referido roteiro (Anexo 3.1).

A medição de altura total, diâmetro do caule, espessura da casca e projeção da copa estão descritos no Capítulo 1. Para determinação da densidade básica da madeira

retiramos de forma não destrutiva amostras de madeira extraída do tronco das árvores (na altura entre 30 a 50 cm do solo), com o auxílio do trado de incremento (trado de Pressley), conforme recomendado por Chave (2006). Acondicionamos as amostras em recipiente contendo água para a manutenção da saturação até o momento da pesagem. Posteriormente, em laboratório, realizamos a pesagem da massa saturada (PF) das amostras e logo após as colocamos em estufa a 100 °C (± 5 °C) até atingir a massa constante, determinando a massa seca (PS), conforme adotado por Smith (1954). Consideramos como massa constante, quando a diferença entre as duas pesagens fosse inferior a 1% no período de 24 horas, conforme adotado por Silveira et al. (2013). Calculamos a densidade a partir da fórmula: $Db=1/(PF-PS) - 0,346$, proposta por Smith (1954).

Determinamos a área foliar específica pela relação entre a área foliar (cm²) e a massa seca foliar (mg), conforme adotado por Scalon e Franco (2007). Para cada indivíduo amostrado (N = 10) por espécie em cada fisionomia nos quatro sítios, selecionamos cinco folhas adultas e isentas de danos. Herborizamos as folhas e posteriormente as digitalizamos individualmente, utilizando *scanner* de mesa. Calculamos as áreas foliares através do programa R, pacote EImage (R Development Core Team 2010). Para a obtenção do peso individual das folhas utilizamos balança de precisão (0,001 g).

Para a coleta de tecido foliar selecionamos 30 folhas adultas, em cada indivíduo amostrado (N = 10) por espécie, em cada ambiente, nos quatro sítios. Coletamos as folhas, preferencialmente expostas à luz e que apresentavam bom estado de conservação, ou seja, isentas de anomalias ou sinais de ataque por herbívoros ou doenças. Após a coleta, mantivemos as folhas em estufa a 70 °C (± 5 °C) para secagem. Trituramos as amostras secas em moinho tipo Wiley e as acondicionamos em sacos plásticos, conforme adotado por Haridasan e Araújo (2005) e submetemos a análises para quantificação do teor dos nutrientes foliares, N, P, K, Ca, Mg e S.

Em cada parcela de CR e CT dos sítios Cavalcante, Cristalina, Jaraguá e Nova Xavantina, coletamos três subamostras de solo entre 0 e 20 cm de profundidade, com auxílio de trado holandês. Misturamos e homogeneizamos as subamostras a fim de obter amostra composta do solo (HARIDASAN, 2001). Encaminhamos as amostras de solos para análise em laboratório particular para a determinação das propriedades físico-

químicas, segundo protocolo da Embrapa (1997). Os dados do sítio Nova Xavantina foram gentilmente cedidos por Ana Clara Abadia.

3.4.4- Análises de dados

Para averiguar se existe diferença nas propriedades edáficas entre CR e CT, nos quatro sítios, realizamos o teste de Mann-Whitney (ZAR, 1999). Para efetuar os cálculos utilizamos o programa BioEstat 5.3 (AYRES et al., 2007).

Para comparar os atributos para a mesma espécie entre CR e CT realizamos o teste de grupos PerMANOVA (*Permutation-based nonparametric MANOVA*) (ANDERSON, 2001). Concomitantemente, realizamos a Análise de Dispersão Multivariada – BetaDisper com base na PCoA (ANDERSON et al., 2006) para comparar a variação dentro e entre os grupos avaliados. Optamos por usar a medida de distância de Gower que é recomendada para dados qualitativos e quantitativos (ANDERSON et al., 2006). Para ambas as análises, construímos matrizes de dados para cada espécie, contendo os atributos funcionais em CR e CT. Para efetuar os cálculos utilizamos o programa R, pacote vegan (R Development Core Team 2010).

Por fim, aplicamos a Análise Discriminante (KENT; COKER, 1992) que teve por objetivo apontar qual atributo funcional é responsável pela diferença detectada na PerMANOVA ou BetaDisper. Para efetuar os cálculos utilizamos o programa Past 2.15 (HAMMER et al., 2001).

3.5- RESULTADOS

As comparações das propriedades físico-químicas dos solos apontam diferenças entre CR e CT para os teores de Al em todos os sítios (Figura 3.1) Para grande parte das propriedades edáficas registramos diferenças entre três dos quatro sítios (Zn, Fe, CTC, pHCa, Saturação de Bases e %Mo) ou em apenas dois sítios (P, S, B, Cu, %argila e %areia) (Anexo 3.2). Os demais nutrientes apresentaram diferenças em apenas um dos quatro sítios avaliados ou não diferiram (Ca, Mg e %silte). Os nutrientes P, Fe, Al e CTC foram mais elevados no Cerrado Rupestre que ainda apresentou textura mais arenosa (Figura 3.1).

As populações dos ambientes CR e CT não apresentaram diferenças com base nos atributos funcionais em *Aspidosperma tomentosum* (PerMANOVA, $F_{(1, 78)} = 0,5455$; $p = 0,595$), *Byrsonima pachyphylla* (PerMANOVA, $F_{(1, 78)} = 0,42353$; $p = 0,640$),

Davilla elliptica (PerMANOVA, $F_{(1, 78)} = 0,2226$; $p = 0,926$) e *Oureatea hexasperma* (PerMANOVA, $F_{(1, 78)} = -0,1078$; $p = 0,861$). Também não encontramos heterogeneidade na dispersão dos dados entre CR e CT para *A. tomentosum*, *D. elliptica* e *O. hexasperma* (Figura 3.2 e Figura 3.3). Observamos sobreposição entre as populações no CR e CT, com exceção de *B. pachyphylla* que apresentou diferença significativa entre os dois ambientes (Figura 3.2).

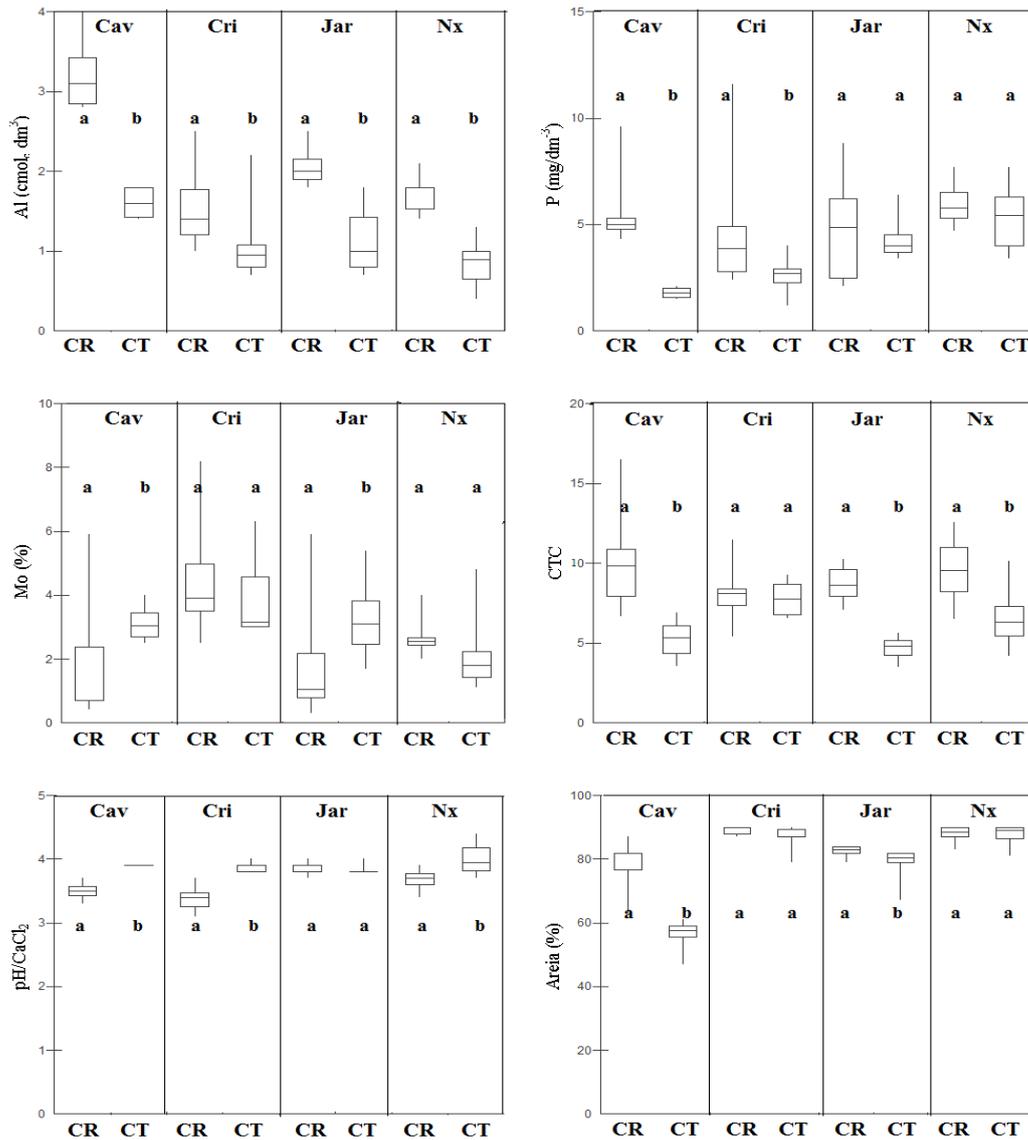


Figura 3.1- Comparação dos teores de nutrientes no solo, Al: alumínio, P: fósforo, %Mo: % matéria orgânica, CTC: capacidade de troca catiônica, pHCa: pH em cálcio e % areia entre o Cerrado Rupestre (CR) e Cerrado Típico (CT) em Cavalcante-GO, Cristalina-GO, Jaraguá-GO e Nova Xavantina-MT. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$). A linha horizontal indica a mediana, a linha superior o quartil superior, a linha inferior o quartil inferior e as barras indicam valores máximos e mínimos.

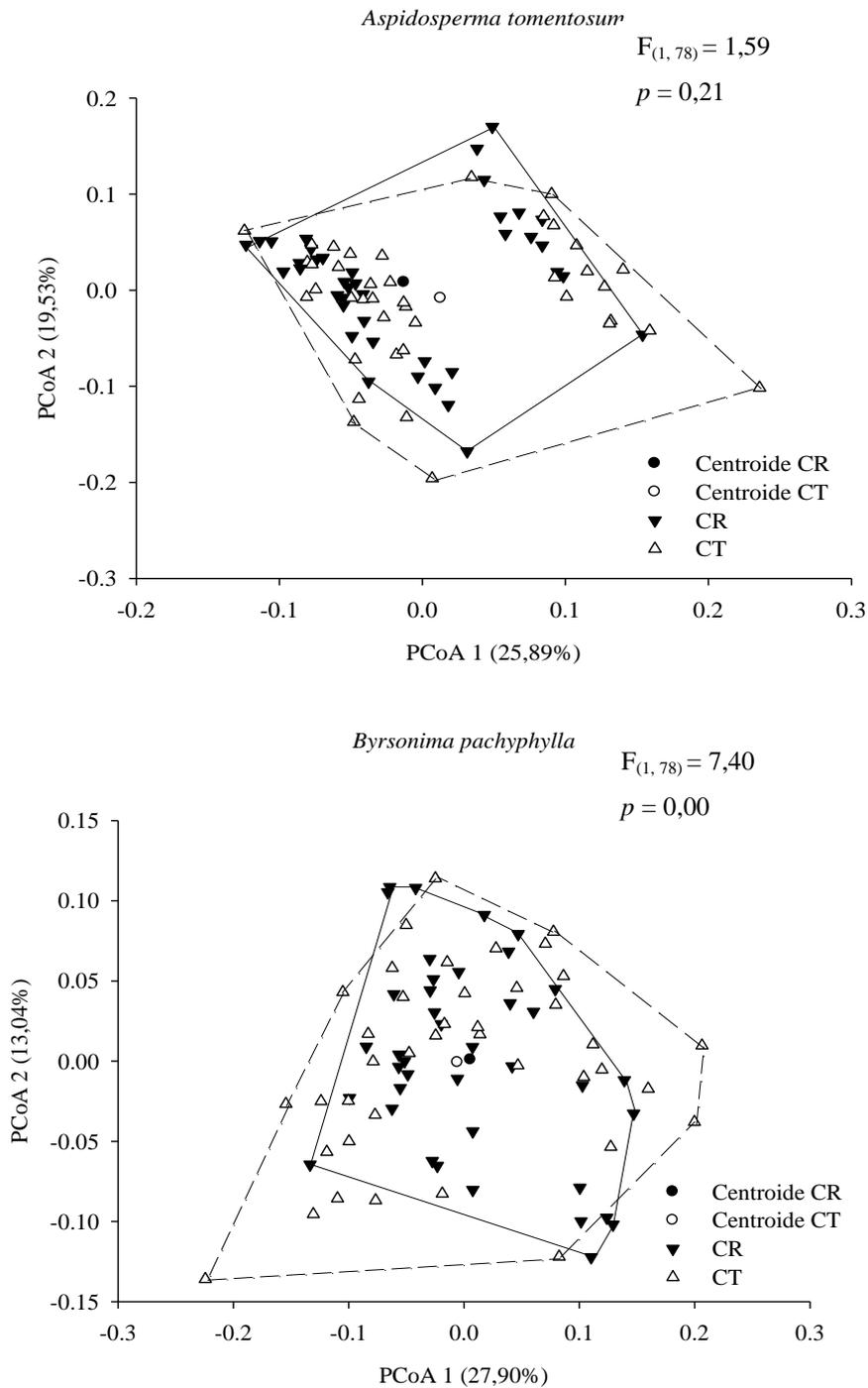


Figura 3.2- Dispersão multivariada – PCoA para *Aspidosperma tomentosum* Mart. e *Byrsonima pachyphylla* A. Juss. em Cerrado Rupestre (CR) e Cerrado Típico (CT), amostradas em Cavalcante-GO; Cristalina-GO; Jaraguá-GO e Nova Xavantina-MT.

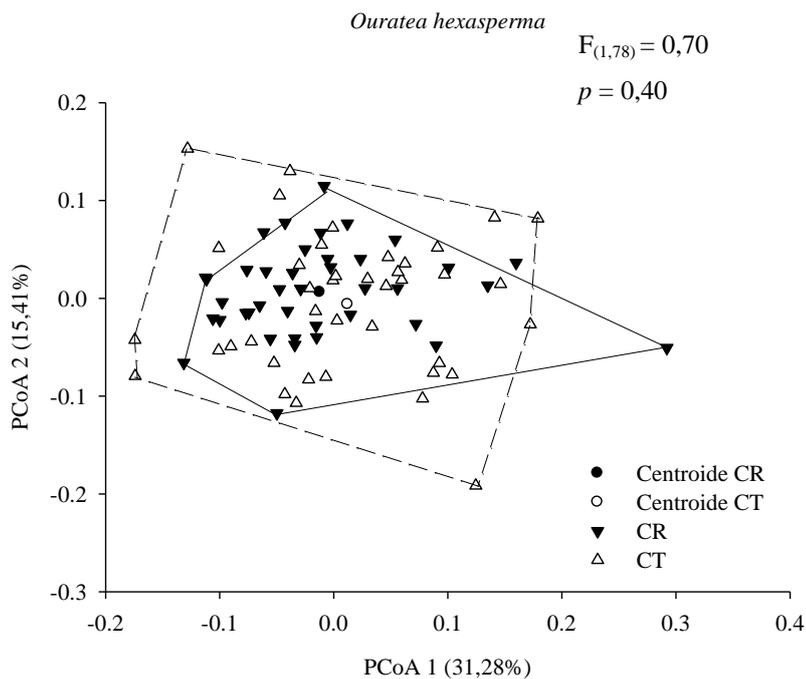
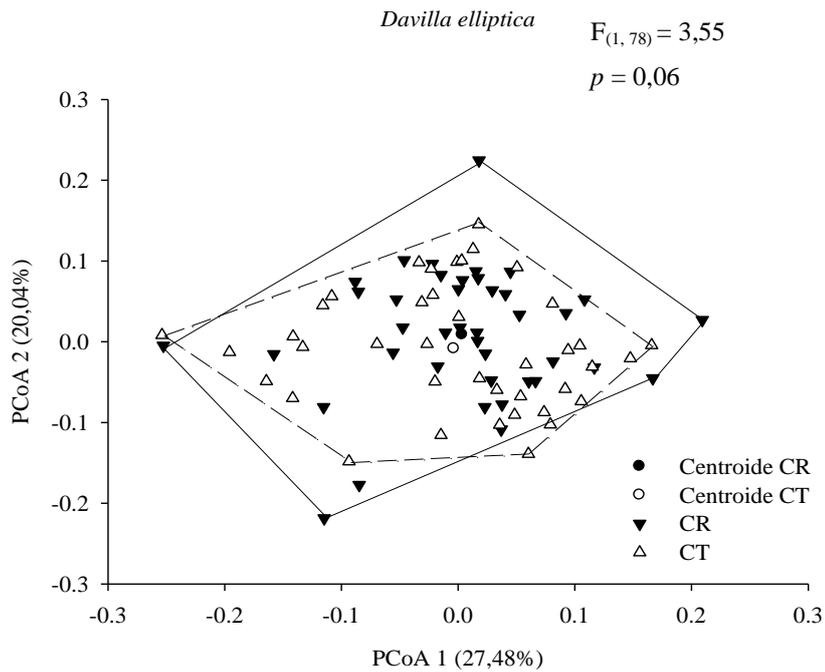


Figura 3.3- Dispersão multivariada – PCoA para *Davilla elliptica* A.St.-Hil. e *Ouratea hexasperma* (A.St.-Hil.) Baill. em Cerrado Rupestre (CR) e Cerrado Típico (CT), amostradas em Cavalcante-GO, Cristalina-GO, Jaraguá-GO e Nova Xavantina-MT.

A Análise Discriminante para *B. pachyphylla* foi significativa ($F = 2,0948$; $p = 0,0288$), sendo que a diferença detectada entre CR e CT foi para os atributos funcionais

altura e teor de Ca no tecido foliar que se apresentaram menores no CR em relação ao CT (Tabela 3.1).

Tabela 3.1- Resultados da Análise Discriminante com base nos atributos funcionais de *Byrsonima pachyphylla* A. Juss. em Cerrado Rupestre (CR) e Cerrado Típico (CT) amostradas em Cavalcante-GO, Cristalina-GO, Jaraguá-GO e Nova Xavantina-MT. Valores em negrito apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$).

Atributos funcionais	F	p	Root 1	Média	
				CR	CT
Altura total (m)	8,32	0,00	-0,937717	2,66	3,10
Diâmetro (cm)	0,52	0,46	0,331529	9,41	9,11
Espessura da casca (cm)	0,29	0,58	-0,137695	1,38	1,43
Projeção da copa (m ²)	0,19	0,65	0,197240	7,13	7,18
Densidade da madeira (g/cm ³)	1,63	0,20	0,312057	0,53	0,51
Área foliar específica (cm ² /g)	0,17	0,67	-0,121862	46,49	46,89
N (mg)	0,00	0,93	0,024993	9,599	9,44
P (mg)	0,68	0,41	0,302856	378,75	388,25
K (mg)	0,90	0,34	0,255523	5,56	5,14
Ca (mg)	7,13	0,00	-0,718801	6,20	7,54
Mg (mg)	1,16	0,28	-0,287053	169,42	175,84
S (mg)	0,00	0,95	0,015424	582,99	594,75

3.6- DISCUSSÃO

Nossos achados demonstram que, mesmo havendo distinções entre Cerrado Rupestre e Cerrado Típico com relação à disponibilidade de alguns nutrientes, principalmente o teor de alumínio no solo, essas diferenças não acarretam em mudanças morfológicas nas populações lenhosas. Normalmente, o Cerrado Rupestre ocorre sobre rochas areníticas e quartzíticas, geralmente é pobre em macronutrientes, micronutrientes e matéria orgânica e saturado por alumínio (BENITES et al., 2007; REATTO et al., 2008). Entretanto, a toxicidade de alumínio em solos do Cerrado não acarreta em prejuízos ao crescimento e reprodução das espécies, uma vez que são tolerantes ou resistentes a solos ácidos, principalmente com elevada concentração de alumínio (HARIDASAN, 2008). A maior concentração de fósforo e maior capacidade de troca catiônica encontrada nos solos de Cerrado Rupestre pode indicar que estes são mais férteis em relação ao Cerrado Típico, contrariando o que é comumente encontrado em ambientes rupestres, solos pouco férteis e com baixa concentração de fósforo (BENITES et al., 2007). Abreu et al. (2012) sugerem que características físico-químicas

atuam como facilitadoras ou mantenedoras do crescimento das espécies de Cerrado Rupestre já que encontraram maior disponibilidade de macronutrientes no solo. Além disso, diferenças nas propriedades físico-químicas e de substrato não se revelaram restritivas ao estabelecimento e desenvolvimentos de indivíduos de Cerrado Rupestre (LIMA et al., 2010; ABREU et al., 2012). Dessa maneira, sugerimos que diferenças no componente edáfico não influenciam em mudanças nas características morfológicas das populações.

A perspectiva de que grande parte dos atributos funcionais seria menor no Cerrado Rupestre, poderia sugerir que por conta da presença de afloramentos rochosos, relevo íngreme, solos rasos e baixa disponibilidade de nutrientes (RIBEIRO; WALTER, 2008; ABREU et al., 2012; MEWS et al., 2016), essas características atuariam como fatores limitantes fazendo com que os indivíduos sofressem ajustes que lhe trariam alguma vantagem para o estabelecimento neste ambiente restritivo, como por exemplo, menor altura, menor concentração de nutrientes foliares, menor densidade da madeira, menor projeção da copa, menor área foliar específica e maior diâmetro e espessura da casca. Entretanto, conforme já mencionado, não observamos essas características, todos os atributos funcionais investigados apresentaram-se sobrepostos entre Cerrado Rupestre e Cerrado Típico para as populações investigadas. Sendo assim, o aparente filtro ambiental mais restritivo postulado ao ambiente rupestre não refletiu nesses ajustes adaptativos. Martins et al. (2015) também não encontraram ajustes adaptativos com relação aos atributos funcionais em algumas espécies do Cerrado utilizadas em áreas de recuperação ambiental e sugerem que elas sejam adaptadas ao ambiente em recuperação. Porém, o diâmetro maior observado para espécies de Cerrado Rupestre traz vantagens como aumento da biomassa segundo Abreu et al. (2012).

Nossos resultados são conflitantes com os encontrados em trabalhos conduzidos no Cerrado e em florestas, levando em consideração fatores determinantes, como clima (NIINEMTS, 2001), luz (BARROS et al., 2011; GOULART et al., 2011), déficit hídrico (FRANCO et al., 2005) formações vegetacionais distintas como floresta e savana (HOFFMANN et al., 2005), onde ajustes adaptativos e/ou plasticidade fenotípica foram observados. Estas variações fenotípicas seriam expressas mais fortemente em ambientes estressantes (LEMOS-FILHO et al., 2004), que podem restringir tanto o desempenho fotossintético das plantas como também o seu crescimento a partir de limitações de água, luz, disponibilidade nutrientes essenciais e de espaço para o crescimento de raízes

(GRIME, 1979). Neste sentido, parece que ajustes adaptativos estão mais relacionados a fatores climáticos, de luminosidade e de espécies que ocorram em ambientes vegetacionais distintos. Em escala menor, com espécies do mesmo tipo vegetacional, como as nativas do Cerrado sentido restrito, parece haver naturalmente ajustes aos ambientes mais restritivos.

O fato de não haver mudanças morfológicas nas populações para o estabelecimento no Cerrado Rupestre, não significa que essas populações não possuam capacidades plásticas. Dessa maneira, pode ser que simplesmente já estejam adaptadas ao ambiente em que estão inseridas, que sejam menos exigentes para seu estabelecimento e/ou que o Cerrado Rupestre, não seja restritivo. A adaptação é o resultado da variabilidade funcional de uma série de fatores que foram transmitidos aos seus descendentes, por isso respostas adaptativas estão fixadas ao genótipo e variações ambientais não modificam o fenótipo (REICH et al., 2003). Os autores afirmam ainda que as populações ou os genótipos podem ser pré-adaptados para um determinado fator de seleção ou condição ambiental e que quando essas populações invadem novos habitats, áreas geográficas ou se há mudança no ambiente, sua sobrevivência depende se seus traços são adequados. Neste sentido, acreditamos que o filtro ambiental definido como a limitação do número de estratégias ecológicas possíveis ocasionadas por condições ambientais restritivas (CORNWELL et al., 2006) não esteja atuando nos ajustes das populações no Cerrado Rupestre ou conforme Reich et al. (2003) os indivíduos já exibam pré-disposição genética para essa condição ambiental. Por fim, pode ser que essas populações apresentem estratégias com relação a outros atributos funcionais que não foram investigados no presente estudo.

3.7- CONCLUSÃO

As propriedades físico-químicas apresentaram-se diferentes para alguns nutrientes avaliados entre Cerrado Rupestre e Cerrado Típico. As condições restritivas do ambiente rupestre, principalmente edáficas, não refletem em ajustes adaptativos dos atributos funcionais de populações, ou seja, elas não apresentam modificações morfológicas que lhes tragam vantagem para se estabelecerem no Cerrado Rupestre. Nossos resultados sugerem que essas espécies apresentam tolerância às diferenças, principalmente edáficas, observadas entre o Cerrado Rupestre e o Cerrado Típico.

4- GENÉTICA DE POPULAÇÕES DE ESPÉCIES LENHOSAS NATIVAS EM CERRADO RUPESTRE E CERRADO TÍPICO

4.1- RESUMO

Estudos de genética de populações descrevem as variações genéticas existentes dentro e entre populações. É importante, pois auxilia no entendimento das relações de parentesco em determinada espécie. O objetivo deste trabalho foi verificar se populações de espécies nativas do Cerrado (*Aspidosperma tomentosum* Mart., *Byrsonima pachyphylla* A. Juss., *Davilla elliptica* A.St.-Hil. e *Ouratea hexasperma* (A.St.-Hil.) Baill., com ocorrência em áreas adjacentes, mas em condições ambientais diferentes apresentam similaridade genética. Foram amostradas populações das quatro espécies em áreas de Cerrado Rupestre e Cerrado Típico em quatro sítios (Cristalina-GO, Cavalcante-GO, Jaraguá-GO e Nova Xavantina-MT). O DNA dos indivíduos de cada população foi extraído, quantificado, diluído e amplificado por meio de reações de PCR (*Polymerase chain reaction*), adotando a técnica RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*). Para estimar a similaridade genética e o agrupamento das populações, adotamos a técnica de classificação pelo método UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Average*), com base no coeficiente de similaridade de Jaccard. As populações de *D. elliptica* em Nova Xavantina foram as únicas que apresentaram diferenças genéticas entre os ambientes (Tukey, $p < 0,05$). No geral a similaridade genética tende a ser por populações presentes no mesmo sítio e não por diferença nas condições ambientais. Portanto, as condições ambientais limitantes do ambiente rupestre não restringem a distribuição das populações de espécies lenhosas no Cerrado Rupestre e Cerrado Típico. **Palavras-chave:** afloramentos rochosos, Cerrado, similaridade, RAPD, variações genéticas.

4.2- ABSTRACT

Population genetics studies describe the existing genetic variation within and between population. It is important, because it helps in the understanding of kinship in certain species. The aim of this study was to determine whether populations of native species of the Cerrado (*Aspidosperma tomentosum* Mart. *Byrsonima pachyphylla* A. Juss., *Davilla elliptica* A.St.Hil. and *Ouratea hexasperma* A.St.Hil. Baill., occurring in adjacent areas, but in different environmental conditions show genetic similarity. We sampled

population of four species in areas of Rocky Outcrop Savanna and Typical Cerrado at four sites (Cristalina-GO, Cavalcante-GO, Jaragua-GO and Nova Xavantina-MT). The DNA of individuals from each population was extracted, quantified, diluted and amplified by PCR reactions (*Polymerase Chain Reaction*), adopting the RAPD technique (*Random Amplified Polymorphic DNA*). In order to estimate the genetic similarity and clustering of populations, we adopted the classification technique by UPGMA method (*Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Average*), based on Jaccard similarity coefficient. The populations of *D. elliptica* in Nova Xavantina city were the ones that showed genetic differences between environments (Tukey, $p < 0.05$). Overall genetic similarity tends to be for populations present in the same place and not by differences in environmental conditions. Therefore, the limiting environmental conditions of the rock environment does not restrict the distribution of populations of woody species in the Rocky Outcrop Savanna and Typical Cerrado.

Keywords: rocky outcrops, Cerrado, similarity, RAPD, genetic variations

4.3- INTRODUÇÃO

A genética de populações tornou-se importante em estudos ecológicos devido à sua capacidade em descrever variações genéticas dentro e entre populações e estudar os mecanismos de manutenção da variabilidade genética (ALLENDORF; LUIKART, 2007). Sabe-se que a estrutura genética espacial de uma população é estabelecida por diversos processos ecológicos, tais como as síndromes de polinização e de dispersão de sementes, as relações intra e interespecífica como competição e a heterogeneidade ambiental (EPPERSON, 1992). Quando se trata de variação entre indivíduos da mesma espécie, denota-se polimorfismos ou diversidade intraespecífica (SANTOS et al., 2009). Portanto, quando objetiva-se averiguar relações de parentesco entre indivíduos de uma espécie em particular, as variações genéticas intraespecíficas é que são investigadas.

Para detectar as diferenças entre e dentro de populações são utilizados marcadores moleculares, principalmente se apresentarem alto grau de polimorfismo (HOFFMANN; BARROSO, 2006). Dentre os marcadores moleculares disponíveis, encontra-se o RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*) desenvolvido de forma independente e paralela por dois grupos de pesquisadores, Williams et al. (1990) e Welsh e McClelland (1990). Marcadores RAPD são considerados neutros e aparentemente estão distribuídos ao acaso por todo o genoma (WILLIAMS et al., 1993),

representando desde sequências de cópia única até sequências altamente repetitivas (WILLIAMS et al., 1990; FERREIRA; GRATTAPAGLIA, 1998). Além disso, destacam-se principalmente pela simplicidade em seu uso, por serem aplicáveis em várias espécies, por demandarem quantidade mínima de DNA e por permitirem realizar análises em grande número de locos (FERREIRA; GRATTAPAGLIA, 1998), além de ser aplicado em estudos sobre diversidade genética (FALEIRO, 2007). Apesar das vantagens a técnica de RAPD apresenta algumas limitações, como por exemplo, a característica dominante desses marcadores, que não permite a diferenciação em indivíduos heterozigotos e a baixa repetibilidade de algumas bandas (FERREIRA; GRATTAPAGLIA, 1998). Entretanto, para o objetivo deste trabalho a técnica RAPD atende as necessidades.

Embora o Cerrado Rupestre e o Cerrado Típico sejam semelhantes floristicamente, por compartilharem espécies entre os dois ambientes (PINTO et al., 2009; LENZA et al., 2011; SANTOS et al., 2012a; MEWS et al., 2014), suas condições ambientais se diferem, pois o Cerrado Rupestre é caracterizado pela presença de afloramentos rochosos e o Cerrado Típico pela presença de solos profundos (RIBEIRO; WALTER 2008). Além disso, as condições edáficas entre os dois ambientes também são distintas (ABREU et al., 2012; MEWS et al., 2016).

Nesse contexto, fatores que determinam a abundância e distribuição de espécies em comunidades são diversos, como por exemplo, as condições e variações ambientais, características intrínsecas das espécies, dentre outros. Existem duas teorias que tratam sobre o assunto: a teoria de nicho e a teoria neutra. A teoria de nicho assume que a distribuição das espécies é determinada por características ambientais e para coexistirem se especializam na obtenção de determinado recurso através de compensações, além da exclusão competitiva (HUTCHINSON, 1957). A teoria neutra postula que todos os indivíduos de uma comunidade apresentam a mesma probabilidade de migrar, reproduzir e morrer e prediz ainda que as comunidades são conjuntos abertos e a presença ou ausência de uma espécie é ditada pela dispersão limitada e ao acaso (HUBBELL, 2001).

Neste sentido, assumindo que o Cerrado Rupestre e Cerrado Típico apresentam condições ambientais distintas, acreditamos que essas características do ambiente (filtros ambientais), auxiliem na separação genética das populações, de acordo com a teoria de nicho. Nesse sentido, o objetivo deste capítulo foi verificar se populações de

espécies nativas do Cerrado (*Aspidosperma tomentosum* Mart., *Byrsonima pachyphylla* A. Juss., *Davilla elliptica* A.St.-Hil. e *Ouratea hexasperma* (A.St.-Hil.) Baill., com ocorrência em áreas adjacentes, mas em condições ambientais diferentes são geneticamente semelhantes. A fim de atender o objetivo proposto formulamos as seguintes perguntas: 1) Populações situadas no mesmo sítio, porém em diferentes condições ambientais são similares geneticamente? 2) As condições ambientais são capazes de influenciar na separação genética entre populações em áreas adjacentes?

4.4- MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1- Áreas de estudo

Veja descrição no Capítulo 1.

4.4.2- Descrição das espécies alvo

Veja descrição no Capítulo 1.

4.4.3- Coleta de dados

Para extração do material genético das oito populações de cada espécie (*A. tomentosum*, *B. pachyphylla*, *D. elliptica* e *O. hexasperma*) coletamos em cada fisionomia, Cerrado Rupestre (CR) e Cerrado Típico (CT) e nos quatro sítios (Cavalcante-GO, Cristalina-GO, Jaraguá-GO e Nova Xavantina-MT), no mínimo três folhas jovens, sem sinais de herbivoria, doenças ou danos mecânicos em cada indivíduo (N = 10 por população).

Acondicionamos as amostras obtidas em campo em papel toalha e as armazenamos em sacos de papel contendo sílica gel para controlar a umidade. Mantivemos o material em geladeira (temperatura de ± 4 °C) durante as coletas em campo a fim de conservar a integridade genética das amostras, conforme adotado por Bothmer e Seberg (1995). Posteriormente, até serem realizados os procedimentos laboratoriais para extração do material genético, armazenamos as amostras em freezer (temperatura de aproximadamente -10 °C).

4.4.4- Extração, quantificação e diluição do DNA

Para a extração do DNA adotamos o protocolo descrito por Doyle e Doyle (1987), que utiliza CTAB (Brometo de cetil-trimetil amônio). Maceramos o DNA com auxílio do aparelho *Mini-Beadbeater-96* (*Biospec*) e o quantificamos por técnica de eletroforese e comparação com DNA padrão (λ DNA) em gel de agarose 1,0%, corado

com brometo de etídio (FERREIRA; GRATTAPAGLIA, 1998). Após a quantificação do DNA concentrado diluímos as amostras em água ultra pura (milli-Q) a uma concentração final de trabalho a 3,0 ng/μL, para posterior amplificação (FERREIRA; GRATTAPAGLIA, 1998).

4.4.5- Amplificação do DNA – PCR (*Polymerase Chain Reaction*)

Primeiramente adotamos a técnica do marcador molecular ISSR (*Inter Simple Sequence Repeats*) para as análises. Porém não obtivemos êxito nas amplificações do DNA com esses marcadores, sendo assim, adotamos posteriormente o marcador RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*) que amplifica simultaneamente várias bandas anônimas no genoma utilizando *primers* de sequência arbitrária (HOFFMANN; BARROSO, 2006). Testamos 44 *primers* e sua utilização se deu pela ocorrência de bandas polimórficas. Para composição das reações de PCR-RAPD, utilizamos os seguintes reagentes: 3,42 μL de água ultra pura (milli-Q); 1,3 μL de tampão [(10X Platinum HF com MgCl₂ 600mM, Tris-SO₄ (pH 8,9), 180mM (NH₄)₂SO₄, MgSO₄)] na concentração de 1X; 1,04 μL de dNTP (0,2 nM); 1,04 μL de BSA (0,2 mg/mL); 0,20 μL de Taq DNA polimerase (1U/μL). Além de 3 μL de DNA (3 ng/μL) e 3 μL de *primer* diluído (10 ng/μL), totalizando volume final de reação de 13 μL.

Realizamos a amplificação no termociclador com ciclo inicial de cinco minutos a 92°C, seguido de 40 ciclos de um minuto a 92°C, um minuto na temperatura de anelamento (35°C estabelecida para todos os *primers*) e dois minutos e trinta segundos a 72°C, seguidos de um ciclo final de cinco minutos a 72°C. Visualizamos os produtos obtidos a partir da PCR, por meio de eletroforese horizontal em gel de agarose 1,5%, corado com brometo de etídio. Para as corridas eletroforéticas utilizamos solução tampão de TBE a concentração 1X, com voltagem de 160 por duas horas e trinta minutos de duração. Posteriormente, visualizamos os géis em luz ultravioleta (UV) e documentamos em fotodocumentador (*Molecular Imaging System Carestream Health, Inc., Rochester, NY, EUA*).

4.4.6- Análise de dados

Avaliamos as variações genéticas das populações por meio da análise de presença ou ausência de banda e o tamanho dos fragmentos amplificados em pares de base por comparação com marcador de peso molecular.

Para estimar a similaridade genética das populações, adotamos a técnica de classificação pelo método UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Average*), com base no coeficiente de similaridade de Jaccard (KENT; COKER, 1992). Para a formação dos grupos delimitamos visualmente àqueles que estivessem entre 0,40 e 0,70 pelo coeficiente de Jaccard. Realizamos as análises no programa NTSYS (ROHLF, 1992). Para a análise dos marcadores adotamos o procedimento semelhante ao utilizado por Pires et al. (2005) onde codificamos os fragmentos moleculares em dados binários como: 1 (presença de banda) e 0 (ausência de banda), comumente realizado com marcadores dominantes (TRINDADE; CHAVES, 2005; TELLES et al., 2010) como é o caso do RAPD. Para os dados faltantes, ou seja, aqueles que não amplificaram, atribuímos o código 9 e descartamos das análises os indivíduos que não amplificaram em todos os *primers* utilizados.

Para quantificar a porcentagem da matriz original de similaridade reproduzida no dendrograma, obtivemos o coeficiente de correlação cofenética (MCCUNE; GRACE 2002), por meio do programa NTSYS (ROHLF, 1992). E para averiguar a estabilidade dos agrupamentos realizamos o teste de confiança *Bootstrap*, no programa Bood (COELHO, 2000).

Para avaliar diferenças nas populações entre as fisionomias no mesmo sítio, adotamos o Teste de Tukey (ZAR, 1999) a 5% de probabilidade. A partir da matriz binária geramos a matriz de distância e as análises foram calculadas no Programa R (R CORE TEAM, 2015), com o pacote *vegan* (OKSANEN et al., 2015).

4.5- RESULTADOS

Avaliamos 80 amostras para cada espécie, sendo 10 indivíduos de cada população, nos dois ambientes e quatro sítios. Obtivemos êxito na amplificação de todas as amostras apenas para *O. hexasperma* (Tabela 4.1). Um indivíduo de *D. elliptica* não amplificou (Figura 4.1) e cinco indivíduos de *B. pachyphylla* e 19 indivíduos de *A. tomentosum* não amplificaram (Tabela 4.1), sendo desconsiderados das análises.

Tabela 4.1- Número de indivíduos (N) que obtiveram sucesso na amplificação do DNA por PCR.

Espécie	N	Cavalcante		Cristalina		Jaraguá		Nova Xavantina	
		CR	CT	CR	CT	CR	CT	CR	CT
<i>Asp</i>	61	8	7	10	9	9	3	7	8
<i>Byr</i>	75	10	9	9	7	10	10	10	10
<i>Dav</i>	79	10	10	10	10	10	10	9	10
<i>Our</i>	80	10	10	10	10	10	10	10	10

Dos 44 *primers* que testamos 26 (59,0%) não amplificaram e dentre os que amplificaram seis foram selecionados (Tabela 4.2), pois apresentaram fragmentos bem definidos (Figura 4.2). As bandas geradas na amplificação apresentaram porcentagem de polimorfismo elevadas (Tabela 4.2). A maior e menor quantidade de bandas polimórficas correspondem ao *primer* OP-L1, com 18 e 7 bandas para *B. pachyphylla* e *D. elliptica*, respectivamente (Tabela 4.2). De forma geral os resultados do *Bootstrap* foram baixos, e para *A. tomentosum* não foi possível realizar a análise pelo número de indivíduos descartados (Anexos 4.1, 4.2, 4.3, 4.4).

As populações de *D. elliptica* em Nova Xavantina foram as únicas que apresentaram diferença genéticas significativas entre as fisionomias (Figura 4.2). Apesar das populações de *A. tomentosum* em Jaraguá apresentarem grande variação entre os valores, não houve diferença significativa pelo teste estatístico (Figura 4.2). Isso ocorreu por conta do baixo número de amostras comparadas entre CR (N = 9) e CT (N = 3).

Tabela 4.2- *Primers* selecionados e utilizados nas amplificações do DNA por PCR e suas respectivas sequências e espécies que foram amplificadas com eles. Nb: número de bandas polimórficas.

<i>Primer</i>	Sequência	<i>Asp</i> (Nb)	<i>Byr</i> (Nb)	<i>Dav</i> (Nb)	<i>Our</i> (Nb)
OP-I3	(5'CAGAAGCCCA 3')	13	10	10	11
OP-J5	(5'CTCCATGGGG 3')	14		8	
OP-J20	(5'AAGCGGCCTC 3')	13	10	9	8
OP-L1	(5'GGCATGACCT 3')	12	18	7	15
OP-L2	(5'TGGGCGTCAA 3')		10		10
OP-L5	(5'ACGCAGGCAC 3')			12	10
Total		52	48	46	54
% Polimorfismo		96,2	90,5	71	75

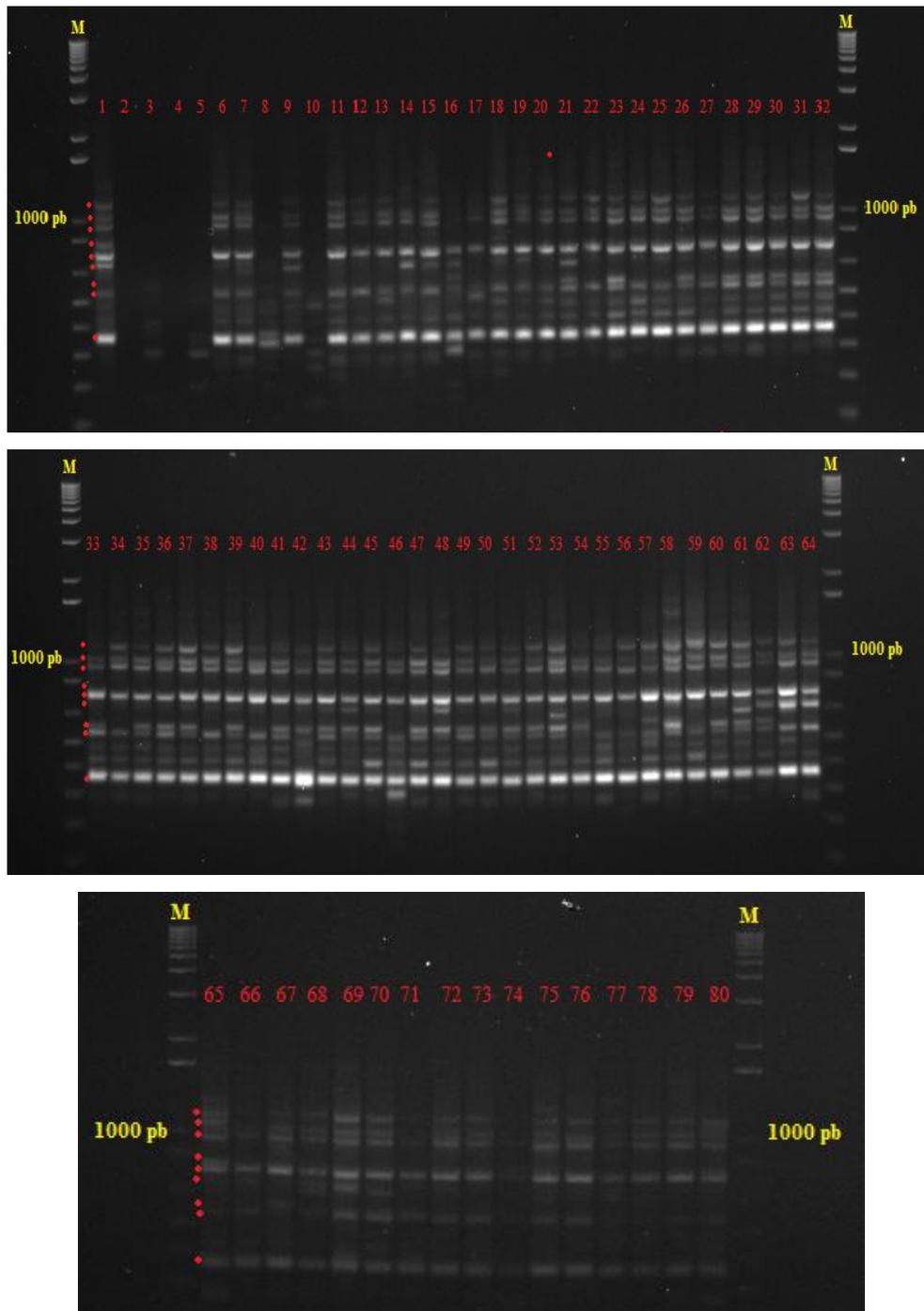


Figura 4.1- Perfil eletroforético dos fragmentos RAPD amplificados utilizando o iniciador OPJ-J20 com indivíduos de *Davilla elliptica* A.St.-Hil. As colunas M, indicam o marcador de peso molecular 1000 pb. Círculos preenchidos em vermelho indicam as bandas polimórficas.

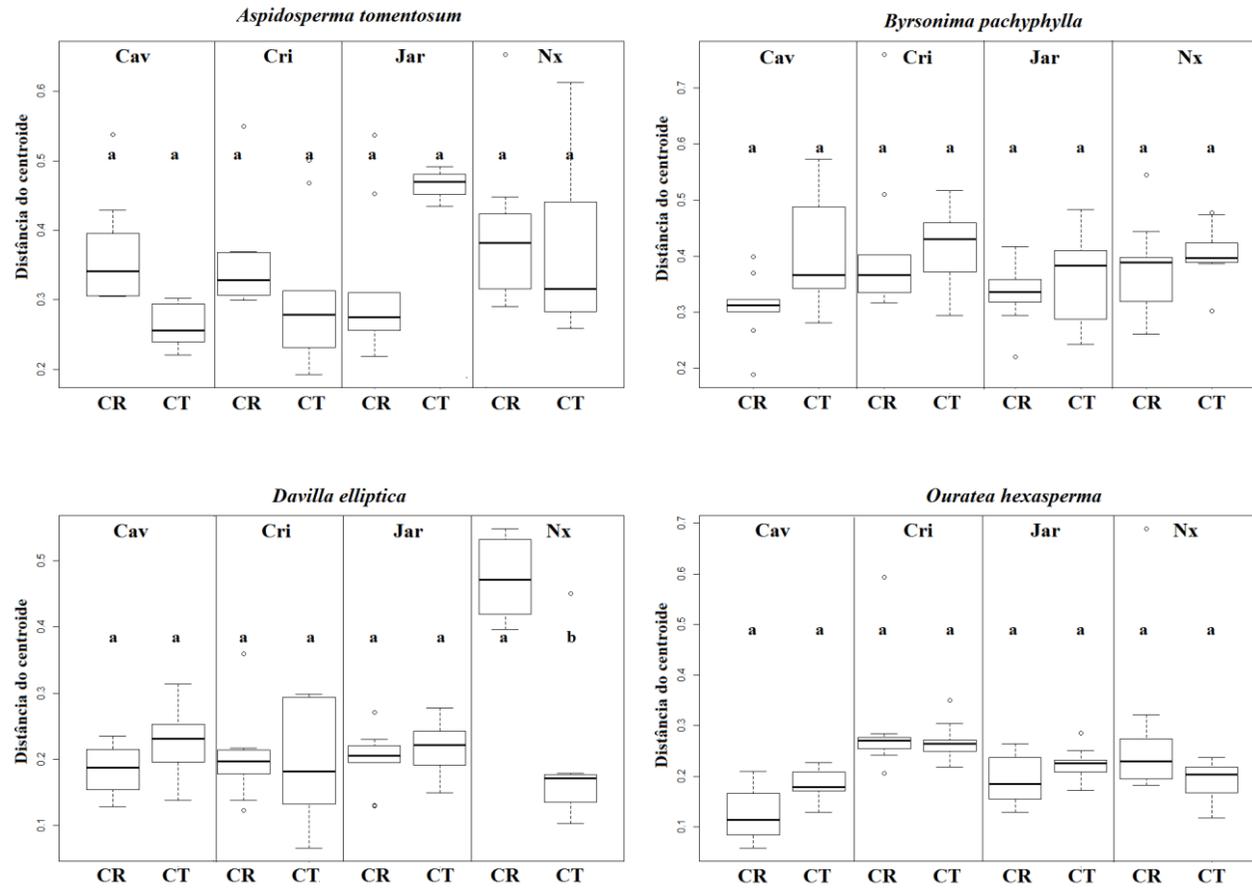


Figura 4.2- Comparações genéticas entre populações de *Aspidosperma tomentosum* Mart., *Byrsonima pachyphylla* A. Juss., *Davilla elliptica* A.St.-Hil. e *Ouratea hexasperma* (A.St.-Hil.) Baill. em Cerrado Rupestre (CR) e Cerrado Típico (CT) em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx). Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (5%). A linha horizontal indica a mediana, a linha superior o quartil superior, a linha inferior o quartil inferior e as barras indicam valores máximos e mínimos. Discrepância entre valores nas populações de *A. tomentosum* em Jaraguá foi devido ao número reduzido de indivíduos registrados.

Não encontramos separação entre populações em função dos ambientes CR e CT e nem de maneira evidente entre os sítios (Anexos, 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4). Porém mesmo não apresentando clara separação das populações o coeficiente de correlação cofenética foi alto para todas as espécies: *A. tomentosum* (0,86), *B. pachyphylla* (0,73), *D. elliptica* (0,93) e *O. hexasperma* (0,87). Esses elevados valores demonstram que as matrizes originais perderam pouca informação na geração dos dendrogramas.

A similaridade genética entre os indivíduos de *A. tomentosum* variou de 0,13 a 1,00, pelo coeficiente de Jaccard (Anexo 4.1). A análise de classificação permitiu identificar seis grupos (Figura 4.3). Destacamos as populações de Cristalina (grupo 4) que se agruparam por sítio e não por ambiente. Nos demais grupos, as populações de CR e CT de mesmo e de diferentes sítios se uniram.

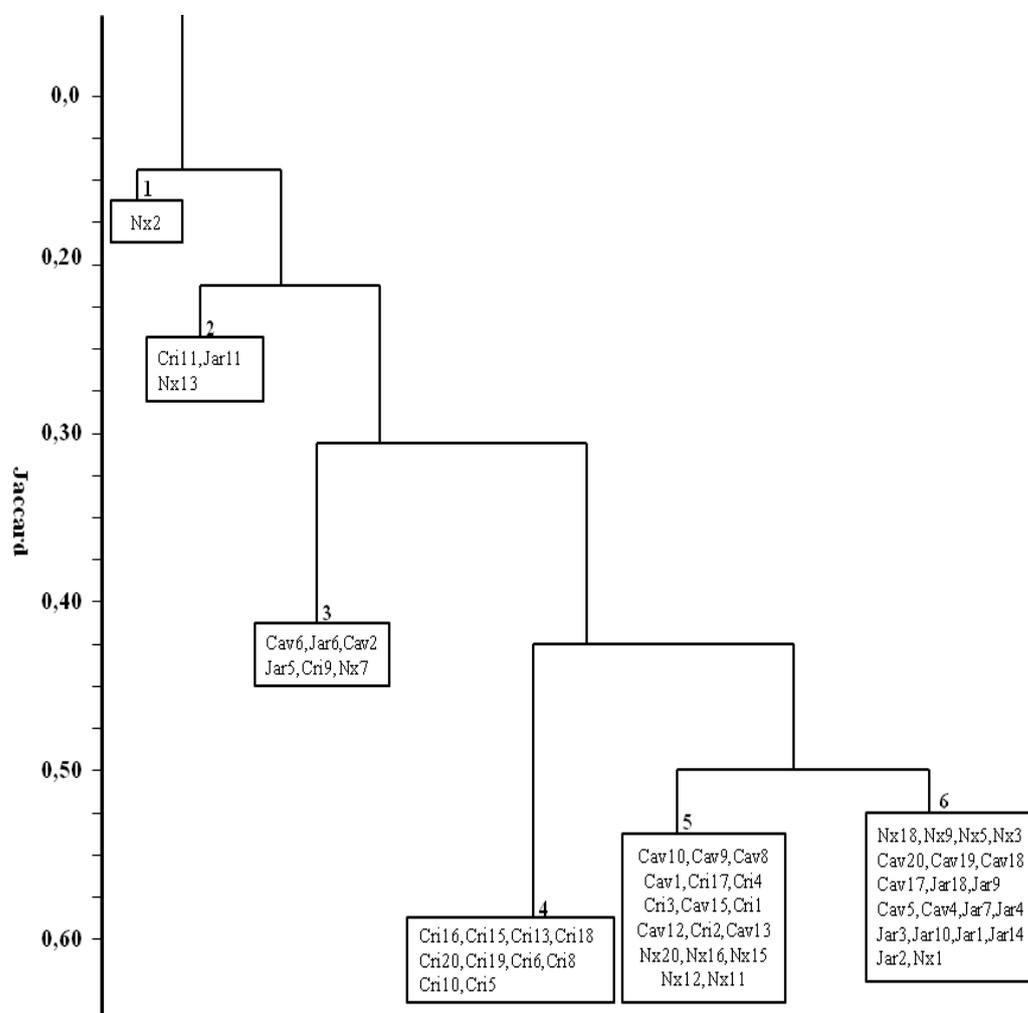


Figura 4.3- Similaridade genética obtida pelo método UPGMA com base no coeficiente de Jaccard, entre os 61 indivíduos de *Aspisdosperma tomentosum* Mart., amostrados em áreas de Cerrado Rupestre (1 a 10) e Cerrado Típico (11 a 20) em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx).

A semelhança genética entre os indivíduos de *B. pachyphylla* oscilou de 0,15 a 0,83 pelo coeficiente de Jaccard (Anexo 4.2). A partir da análise de classificação identificamos oito grupos (Figura 4.4). Podemos destacar no grupo 3 o padrão inicialmente esperado, ou seja, as populações separadas por ambiente (Figura 4.4). Porém, esse foi o único grupo que apresentou essa conformação, o grupo 5, como por exemplo, inclui indivíduos dos dois ambientes e dos quatro sítios (Figura 4.4).

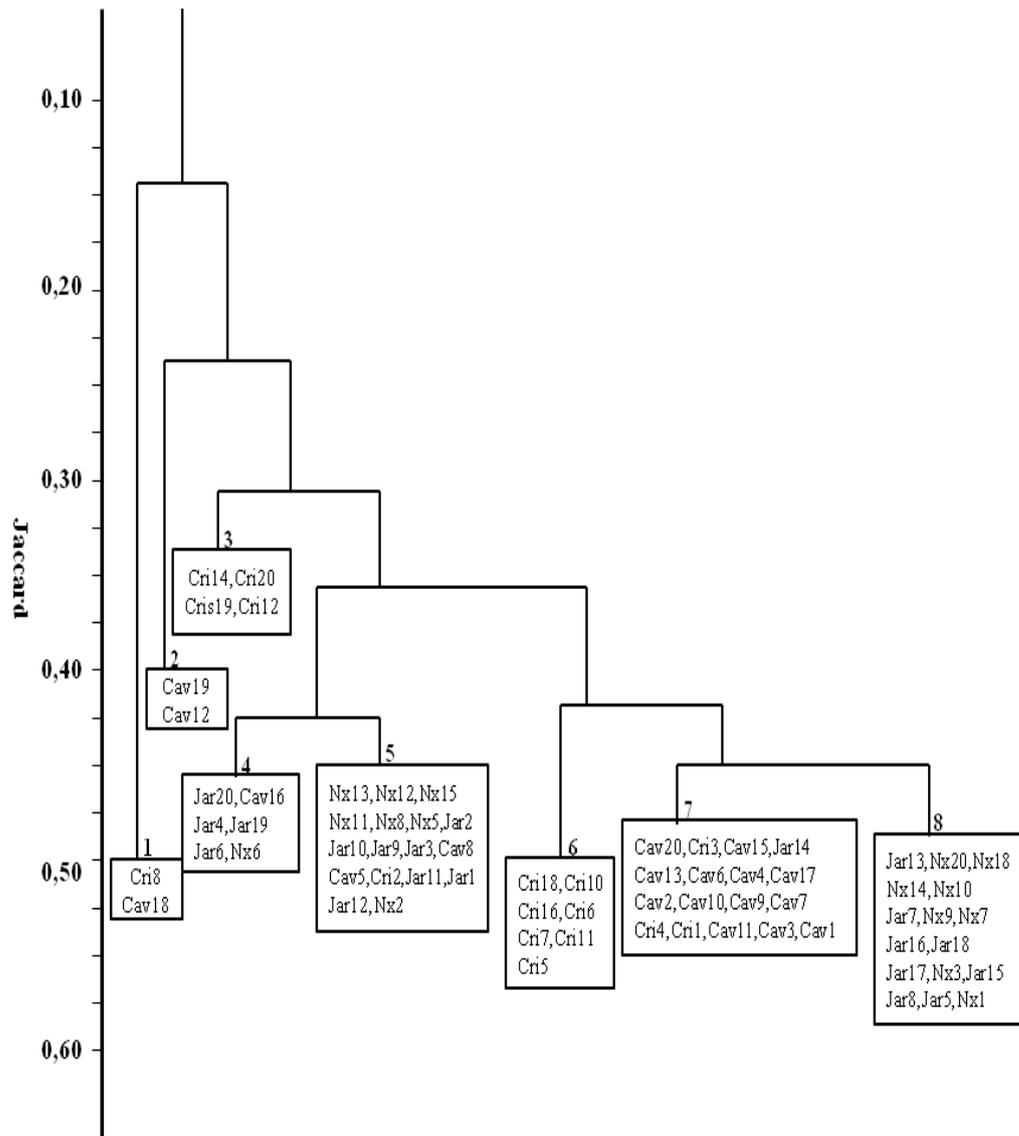


Figura 4.4- Similaridade genética obtida pelo método UPGMA com base no coeficiente de similaridade de Jaccard, entre os 75 indivíduos de *Byrsonima pachyphylla* A. Juss., amostrados em áreas de Cerrado Rupestre (1 a 10) e Cerrado Típico (11 a 20) em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx).

A similaridade genética entre os indivíduos de *D. elliptica* variou de 0,21 a 0,96 pelo coeficiente de Jaccard (Anexo 4.3). A análise de classificação permitiu reconhecer quatro grupos (Figura 4.5). Logo no início no dendrograma observamos a separação do ambiente rupestre (grupo 1), no entanto, as demais separações não agruparam os indivíduos por ambiente. Porém, detectamos a separação das populações amostradas no sítio Jaraguá, grupo 4 (Figura 4.5).

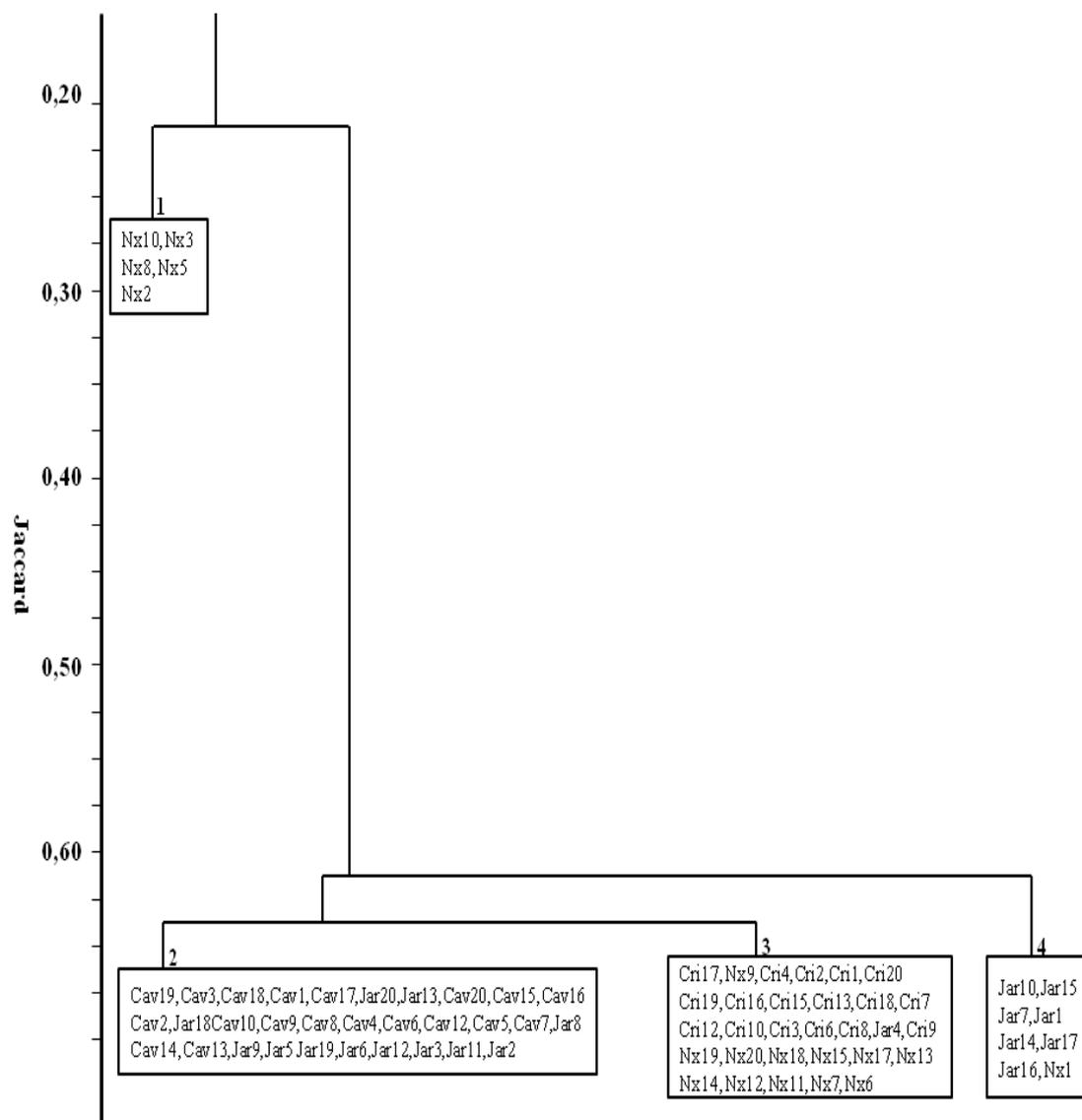


Figura 4.5- Similaridade genética obtida pelo método UPGMA com base no coeficiente de similaridade de Jaccard, entre os 79 indivíduos de *Davilla elliptica* A.St.-Hil., amostrados em áreas de Cerrado Rupestre (1 a 10) e Cerrado Típico (11 a 20) em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx).

A semelhança genética entre os indivíduos de *O. hexasperma* variou de 0,23 a 0,93 pelo coeficiente de Jaccard (Anexo 4.4). Os grupos formados não apresentaram clara separação dos ambientes, mas vale ressaltar que houve um grupo separado por sítio (grupo 2), além de grupos formados por sítios distintos (Figura 4.6).

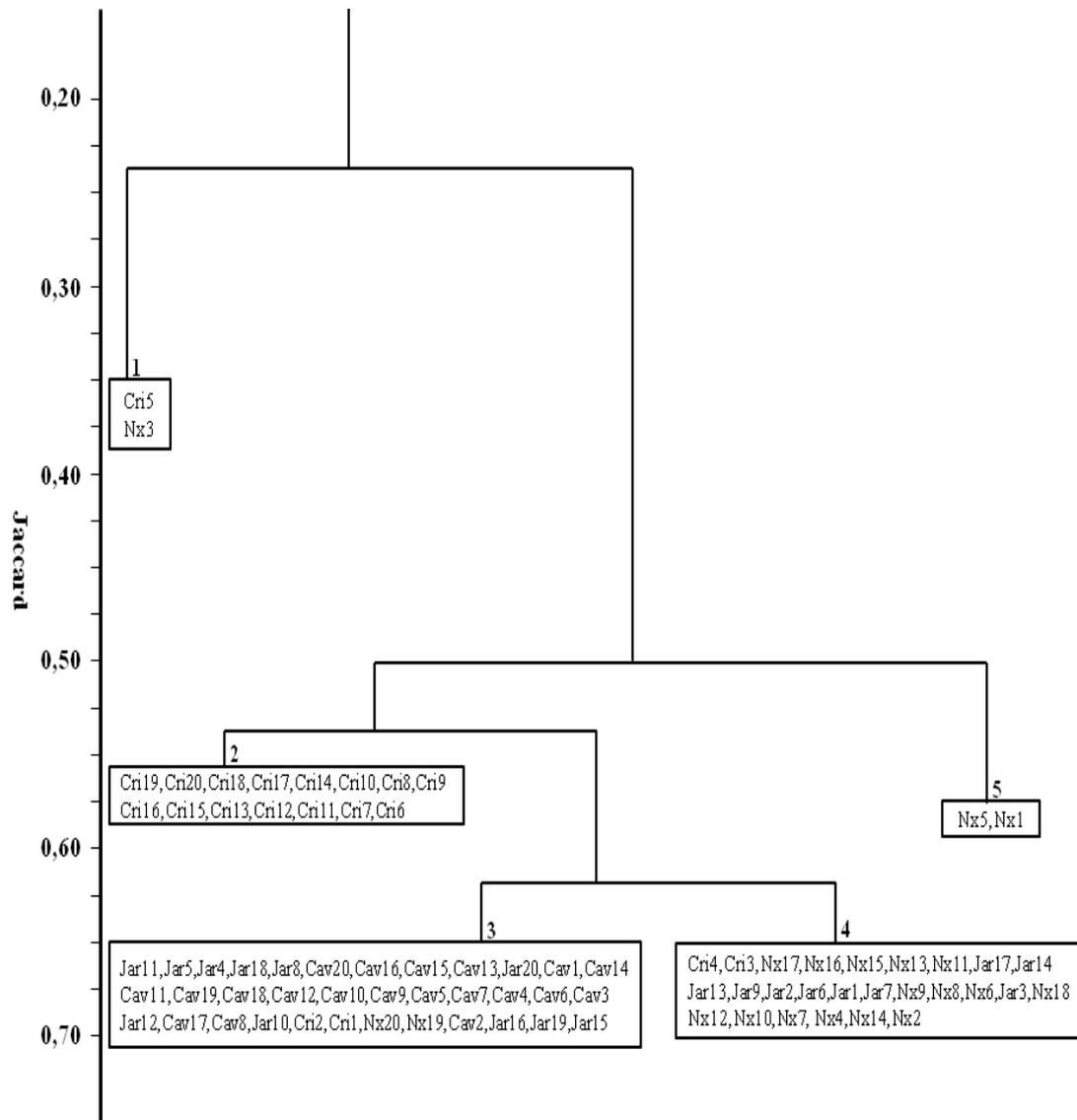


Figura 4.6- Similaridade genética obtida pelo método UPGMA com base no coeficiente de similaridade de Jaccard, entre os 80 indivíduos de *Ouratea hexasperma* (A.St.-Hil.) Baill., amostrados em áreas de Cerrado Rupestre (1 a 10) e Cerrado Típico (11 a 20) em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx).

4.6- DISCUSSÃO

Verificamos que a teoria de nicho não atua na separação genética entre as populações, contrariando nossas expectativas iniciais de que as condições ambientais distintas agiriam como filtros ambientais e separaria populações de Cerrado Rupestre e Cerrado Típico. De fato, populações vizinhas podem sofrer isolamento ecológico devido heterogeneidade de habitats (LINHART; GRANT, 1996; MISIEWICS; FINE, 2014) e apresentar elevada diferenciação genética como a encontrada entre populações adjacentes de *Protium subserratum* (Engl.) Engl. em florestas tropicais da Amazônia, sendo atribuída a diferenças no tipo de solo (MISIEWICS; FINE, 2014). Porém, a falta de separação clara em função da condição ambiental indica que o ambiente rupestre apesar de suas condições topográficas e edáficas não interfere na separação genética das populações. Entretanto, a teoria neutra explica melhor a semelhança genética entre as populações de ambientes adjacentes, com estabelecimento determinado pelo acaso, sendo a dispersão de sementes o preditor principal (HUBBELL, 2001).

A prevalência de separação por populações de áreas adjacentes (Cerrado Rupestre e Cerrado Típico) do mesmo sítio, bem como por populações de sítios diferentes, sugere que esta similaridade genética tenha relação com a localização desses ambientes, uma vez que se encontram próximos, o que pode ter facilitado o fluxo gênico. Silva et al. (2007) e Telles et al. (2010) atribuíram a semelhança genética encontrada entre populações de *Chamecrista semaphora* (H.S.Irwin & Barneby) H.S.Irwin & Barneby em Campo Rupestre na Serra do Cipó-MG e de populações de *Tibouchyna papyrus* (Pohl) em Cerrado Rupestre na Serra Dourada-GO, respectivamente, à proximidade geográfica entre as regiões. A distância entre as áreas é importante pois influencia nas rotas de migração (OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 1995, 2000), que por sua vez influenciam a capacidade de dispersão das espécies (SOININEN et al., 2007.). Jesus et al. (2001) afirmam que o isolamento geográfico não dever ser analisado sozinho nas diferenças entre populações, mas que o comportamento do polinizador e a dispersão de sementes também contribuem para essas diferenças. Portanto, mesmo havendo diferenças nas condições ambientais entre Cerrado Rupestre e Cerrado Típico, elas não influenciaram na diferenciação genética entre as populações quando situadas em áreas adjacentes, neste caso a proximidade geográfica parece promover a semelhança genética.

A proximidade geográfica entre as populações, aliada aos agentes polinizadores, que promovem o movimento do pólen e percorrem distâncias mais longas, contribuem para o fluxo gênico e explica a não separação das populações em função dos ambientes. Cabe ressaltar que o agente polinizador de *A. tomentosum* é a mariposa (falenofilia) e de *B. pachyphylla*, *D. elliptica* e *O. hexasperma* são abelhas (melitofilia) (MARTINS; BATALHA, 2006), que podem forragear até cerca de 3,0 km distância (Almeida et al., 2003). Com relação à síndrome de dispersão de sementes, acreditamos também ser um fator que pode ter contribuído para a não separação das populações. A dispersão de *A. tomentosum* é realizada pelo vento (anemocoria) e de *B. pachyphylla*, *D. elliptica* e *O. hexasperma* é realizada por aves (ornitocoria) (SILVA-JÚNIOR et al., 2005). Santos (2011) estudando o Cerrado Rupestre do Estado de Goiás e Mota (2016), estudando o Cerrado Rupestre ao longo da Cadeia do Espinhaço encontraram que a dispersão por zoocoria sobressaiu sobre anemocoria e autocoria com representatividade de 65,28% e 53,90% das espécies, respectivamente. Contudo, segundo Mota (2016), quando a abundância das espécies é levada em consideração ocorre inversão dos tipos de dispersão, levando a zoocoria para o último lugar, tornando a dispersão dificultada pelos obstáculos do ambiente e pelo fato da maioria dos animais levarem uma quantidade bem menor de sementes em relação à anemocoria e autocoria. Apesar dessa ressalva, acreditamos que isso não interfira na dispersão de sementes das populações aqui estudadas, uma vez que a dispersão pelo vento é facilitada em ambientes abertos como o Cerrado Rupestre e Cerrado Típico e a dispersão por ornitocoria é caracterizada pela facilidade das aves se deslocarem e ocuparem ambientes diversos (JORDANO, 1994).

Verificamos nas formações dos grupos que indivíduos de sítios diferentes agrupam-se, sugerindo que barreiras como a altitude, responsável pela variação na distribuição da diversidade genética e capazes de impedir o fluxo gênico (REIS et al., 2015), não atua de forma generalizada na separação genéticas das populações aqui estudadas, apesar de que alguns indivíduos do sítio Cristalina, único situado a mais de 1.000 m de altitude, formaram grupos bem distintos dos outros. A falta de efeito do gradiente altitudinal também foi relatado por Truong et al (2007), com restrição do fluxo gênico entre as populações ao longo do gradiente. Nesse sentido, a altitude não atuou na separação genética das populações.

Por fim, podemos destacar que apesar das condições limitantes atribuídas aos ambientes com afloramentos rochosos, como o Cerrado Rupestre, essas não são capazes

de criar barreiras que possam impedir a troca de materiais genéticos entre as populações, resposta disso foi a elevada similaridade genética entre as populações de áreas adjacentes, porém, com condições ambientais distintas.

4.7- CONCLUSÃO

As populações são de Cerrado Rupestre e Cerrado Típico são similares geneticamente. As condições ambientais limitantes do ambiente rupestre não interferiram na separação genética de populações de espécies lenhosas nativas em áreas adjacentes. A similaridade de forma geral tende a ser por populações presentes na mesma localidade e não por diferenças nas condições ambientais. Neste caso, sugerimos o modelo de estabelecimento estocástico (neutro), por balanço entre fluxo gênico (polinização e dispersão) a curtas distâncias devido à proximidade entre os ambientes.

5- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nossas expectativas de que as condições ambientais presentes no Cerrado Rupestre, como afloramentos rochosos, relevo íngreme, condições restritivas do solo seriam fatores determinantes para ajustes morfológicos e na semelhança genética das populações não foram confirmadas. Os resultados demonstram que não existe diferença entre os atributos funcionais das populações em áreas adjacentes e que estas populações não se separam geneticamente em função do ambiente de ocorrência. Isso nos permite supor que as condições do Cerrado Rupestre não estão agindo como filtro ambiental e que os processos reguladores da estruturação das populações de espécies lenhosas no Cerrado Rupestre e Cerrado Típico parecem ser similares.

A ocorrência de Cerrado Rupestre em forma de ilhas faz com que sua manutenção dependa de fitofisionomias circundantes como, por exemplo, o Cerrado Típico. Nesse sentido, a conservação destes ambientes savânicos é de extrema importância, pois, uma vez que são complementares, a supressão de qualquer um deles acarreta em prejuízos para manutenção da biodiversidade regional, além de prejuízos para a variabilidade genética e interrupção do fluxo gênico e de propágulos entre as populações que neles estão estabelecidas

Por fim, salientamos a importância de estudos relacionados às populações de Cerrado Rupestre e sugerimos trabalhos que enfoquem outros atributos funcionais que aqui não foram investigados, bem como, questões relacionadas à restrição hídrica do solo, altura do lençol freático, além de estudos que tratem de espécies lenhosas restritas a ambientes rupestres, a fim do melhor entendimento de sua estrutura e funcionamento.

6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ALLENDORF, F.W.; LUIKART, G. **Conservation and the Genetics of Populations**. Blackwell Publishing, 2007. 642p.

ALMEIDA, D.; MARCHINI, L. C.; SODRÉ, G.S.; D'ÁVILA M.; DE ARRUDA, C.M.F. **Plantas visitadas por abelhas e polinização**. Série Produtor Rural. Edição Especial, 2003. 44p.

ALVES, L.F.; SANTOS, F.A.M. Tree allometry and crown shape of four tree species in Atlantic rain forest, south-east Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 18, p. 245-260, 2002.

AMARAL, A.G.; PEREIRA, F.F.O.; MUNHOZ, C.B.R. Fitossociologia de uma área de Cerrado Rupestre na Fazenda Sucupira, Brasília-DF. **Cernea**, v. 12, n. 4, p. 350-359, 2006.

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

ANDERSON, M.J.; ELLINGSEN, K.E.; MCARDLE, B.H. Multivariate dispersion as a measure of beta diversity. **Ecology letters**, v. 9, p. 683-693, 2006.

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

AYRES, M. et al. **BioEstat 5.0: aplicações estatísticas na área das ciências biomédicas**. Belém: Sociedade Civil de Mamirauá, 2007.

BARBALHO, M.S. et al. **Análise temporal do uso da terra no município de Cristalina-GO a partir da utilização de imagens Landsat-5TM**. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 2007.

BARROS, F.V. et al. Phenotypic plasticity to light of two congeneric trees from contrasting habitats: Brazilian Atlantic Forest versus cerrado (savanna). **Plant Biology**, v. 14, n. 1, p. 208–215, 2011.

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

BOTHMER, R.V.; SEBERG, O. Strategies for the collecting of wild species. In: Guarino, L.; Rao, V.R.; Reid, R. (Eds.). **Collecting Plant Genetic Diversity: Technical Guidelines**. Wallingford, CAB International, 1995. p. 95-111.

CARVALHO, F.A. et al. Estrutura e distribuição espacial do Barbatimão (*Stryphnodendron polyphyllum*) em uma área de cerrado no sudeste de Goiás. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 3, n. 1, p. 14-20, 2009.

CHAVE, J. **Medição da densidade da madeira em árvores tropicais: manual de campo**. Projeto Pan-Amazonia. Université Paul Sabatier 31000 Toulouse, France, 2006. 7p.

CHAVE, J. et al. Towards a worldwide wood economics spectrum. **Ecology Letters**, v. 12, p. 351-366, 2009.

CIENTEC. **Mata Nativa 2: manual do usuário**. Viçosa: Cientec, 2006.

COCHRANE, T.T. et al. **Land in Tropical America**. Cali, Colômbia: CIAT/EMBRAPA-CPAC, 1985. 147p.

COELHO, A.S.G. **Bood: Avaliação dos erros associados a estimativas de distâncias/similaridades genéticas através do procedimento de bootstrap com número variável de marcadores (softwares)**. [S.I.] Laboratório de Genética Vegetal, Instituto de Ciências Biológicas, UFG, 2000.

COLE, M.M. **The savannas; biogeography and geobotany**. London: Academic Press, 1986. 438p.

CORNELISSEN, J.H.C. et al. Handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. **Journal of Botany**, v. 51, p. 335-380, 2003.

CORNWELL, W.K.; SCHWILK, D.W.; ACKERLY, D.D. Trait-based test for habitat filtering: convex hull volume. **Ecology**, v. 87, n. 6, p. 1465-1471, 2006.

CTE. Centro Tecnológico de Engenharia. **Área de proteção ambiental (APA) Pouso Alto: Plano de Manejo**, 2014. 40p.

CRISTIANINI, A.V. et al. (dados não publicados). **Relações entre diâmetro e altura e diâmetro e espessura da casca do córtex em espécies de Cerrado do Município de Itirapina, SP**. 12p.

DOYLE, J.J.; DOYLE, J.L. Isolation of plant DNA from fresh tissue. **Focus**, v. 12, p. 13-15, 1987.

DURIGAN, G. et al. **Plantas do Cerrado Paulista: imagens de uma paisagem ameaçada**. São Paulo, Páginas e Letras Editora e Gráfica, 2004. 474p.

EITEN, G. The Cerrado vegetation of Brazil. **Botanic Review**, v. 38, n. 2, p. 201-341, 1972.

EITEN, G. Vegetação do Cerrado. In: (Pinto, N. (Ed.)). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1993. p. 17-20.

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

EPPERSON, B.K. Spatial structure of genetic variation within populations of forest tree. **New Forests**, v. 6, p. 257-278, 1992.

FALEIRO, F.G. **Marcadores Genético-moleculares - Aplicados a programas de conservação e uso de recursos genéticos**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2007. 99p.

FARIA, R.A.P.G. et al. Distribuição espacial e estrutura populacional de *Brosimum gaudichaudii* Trécul. no cerrado de Mato Grosso. **Brasil Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v. 9, n. 17, p. 3386-3395, 2013.

FELFILI, J.M. Recomendações de manejo. In: FELFILI, J.M., REZENDE, A.V., SILVA-JÚNIOR, M.C. (Orgs.). **Biogeografia do bioma Cerrado: vegetação e solos da Chapada dos Veadeiros**. Brasília: Editora Universidade de Brasília/FINATEC, 2007. p. 239-242.

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

FELFILI, J.M.; SILVA-JÚNIOR, M.C. Distribuição dos diâmetros numa faixa de Cerrado na Fazenda Água Limpa (FAL) em Brasília-DF. **Acta Botanica Brasilica**, v. 2, n. 1-2, p. 85-104, 1988.

FELFILI, J.M.; REZENDE, R.P. **Conceitos e métodos em fitossociologia**. Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal. Série Comunicações Técnicas Florestais, 2003.

FELFILI, J.M.; CARVALHO, F.A.; HAIDAR, R. F. **Manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos biomas cerrado e pantanal**. Brasília: Departamento de Engenharia Florestal, UnB, 2005. 60p.

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. et al. Floristic composition and community structure of a seasonally deciduous forest on limestone outcrops in Central Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n.4, p. 611-621, 2007.

FERREIRA, M.E.; GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética**. 3 ed., Brasília: Embrapa Cenargen, 1998.

FRAGA, C.N. **Dilleniaceae**. Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB17279>. (acesso em 18 de fevereiro de 2014).

FRANCO, A.C. et al. . Leaf functional traits of Neotropical savanna trees in relation to seasonal water deficit. **Trees**, v. 19, p. 326–335, 2005.

FRANÇOSO, R.D.; HAIDAR, R.F.; MACHADO, R.B. Tree species of South America central savanna: endemism, marginal areas and the relationship with other biomes. **Acta Botanica Brasilica**, v. 30, n.1, p. 78-86, 2016.

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.

GANGA, R.M.D.; CHAVES, L.J.; NAVES, R.V. Parâmetros genéticos em progênes de *Hancornia speciosa* Gomes do Cerrado. **Scientia Forestalis**, v. 37, n. 84, p. 395-404, 2009.

GUILHERME, F.A.G.; OLIVEIRA, A.S. Estrutura populacional de *Butia purpurascens* Glassman (Arecaceae) em duas áreas de Cerrado *sensu stricto* no estado de Goiás. **Revista Biologia Neotropical**, v. 7, n. 1, p. 37-45, 2011.

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

GUEDES, D.M. **Resistência das árvores do cerrado ao fogo: papel da casca como isolante térmico**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, Brasília, 1993. 113p.

GOULART, M.F. et al. Which Extent is Plasticity to Light Involved in the Ecotypic Differentiation of a Tree Species from Savanna and Forest? **Biotropica**, v. 43, n. 6, p. 695-703, 2011.

GRIME, J.P. **Plant strategies and vegetation processes**. New York: John Wiley & Sons, 1979.

HAMMER, O., HARPER A.T.D., RYAN P.D. Paleontological Statistics Software Package for Education and data analysis. **Paleontologia Eelectronica**, v. 4, p. 1-9, 2001.

HARIDASAN, M. Solos. In: FELFILI, J.M.; SILVA-JÚNIOR, M.C. (Eds.). **Biogeografia do Bioma Cerrado: estudo fitofisionômico na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco**. Brasília: Universidade de Brasília - Faculdade de Tecnologia - Departamento de Engenharia Florestal, 2001. p. 12-17.

HARIDASAN, M. Competição por nutrientes em espécies arbóreas do cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J.C.; FELFILI, J.M. (Orgs.). **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 167-178.

HARIDASAN, M.A. Solos. In: (FELFILI, J.M.; REZENDE, A.V.; SILVA-JÚNIOR, M.C. (Orgs.). **Biogeografia do bioma Cerrado: vegetação e solos da Chapada dos Veadeiros**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2007. p. 27-43.

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.

HARIDASAN, M.; ARAÚJO, G.M. Perfil nutricional de espécies lenhosas de duas florestas semidecíduas em Uberlândia, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, n. 2, p. 295-303, 2005.

HARLEY, R.M. Introduction. In: Stannard, B.L. (Ed.). **Flora of the Pico das Almas - Chapada Diamantina, Bahia, Brazil**, 1995. p. 1-78.

HOFFMANN, L.V.; BARROSO, P.A.V. **Marcadores Moleculares como Ferramentas para Estudos de Genética de Plantas**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 36p.

HERINGER, I.; JACQUES, A.V.A. Adaptação das plantas ao fogo: enfoque na transição floresta – campo. **Ciência Rural**, v.31, n.6, p. 1085-1090, 2001.

HOFFMAN, W.A. Ecologia comparativa de espécies lenhosas de cerrado e de mata In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J.C.; FELFILI, J.M. (Orgs.) **Cerrado Ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 155-166.

HOFFMANN W.A. et al. Specific leaf area explains differences in leaf traits between congeneric savanna and forest trees. **Functional Ecology**, v. 19, p. 932–940, 2005.

HOFFMANN, W.A et al. Tree topkill, not mortality, governs the dynamics of savanna-forest boundaries under frequent fire in central Brazil. **Ecology**, v. 90, n. 9, p. 1326–1337, 2009.

HUBBELL, S.P. **The unified neutral theory of Biodiversity and Biogeography**. Princeton: Princeton University Press, 2001.

HUTCHINSON, G.E. Population studies – animal ecology and demography – concluding remarks. **Cold Spring Harbor Symposium Quantitative Biology**, v. 22, p. 415–427, 1957.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira: Sistema fitogeográfico; Inventário das formações florestais e campestres; Técnicas e manejo de coleções botânicas; Procedimentos para mapeamentos**. Rio de Janeiro-RJ, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm>. (acesso em 03 maio 2013).

JESUS, F.V.N. et al. Local genetic differentiation in *Proteopsis argentea* (Asteraceae), a perennial herb endemic in Brazil. **Plant Systematics and Evolution**, v. 226, n. 1-2, p. 59-68, 2001.

JORDANO, P. Spatial and temporal variation in the avian-frugivore assemblage of *Prunus mahaleb*: patterns and consequences **Oikos**, v.71, p. 479-491, 1994.

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

KOCH, I. et al. **Apocynaceae**. Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB15554>. (acesso em 18 fevereiro de 2014).

LAWTON, R.O. Ecological constraints on wood density in a tropical montane rain Forest. **American Journal of Botany**, v. 71, p. 261–267, 1984.

LEMOS-FILHO, J.P.; GOULART, M.F.; LOVATO, M.B. Chlorophyll fluorescence parameters in populations of two legume trees *Strychnodendron adstringens* (Mart.) Coville (Mimosoideae) and *Cassia ferruginea* (Schrad.) Schrad. Ex DC (Caesalpinoideae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 3, p. 527-532, 2004.

LEMOS, H.L. et al. Structure and floristic relationships between Cerrado *sensu stricto* sites on two types of substrate in northern Cerrado, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 4, p. 121-132, 2013.

LENZA, E. et al. Comparação da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de Cerrado Rupestre na Chapada dos Veadeiros, Goiás e áreas de cerrado sentido restrito do Bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 34, n. 3, p. 247-259, 2011.

LIMA, C.A. **O Cerrado Rupestre no Estado de Goiás com base em imagens LANDSAT +**. Dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

LIMA, T.A. et al. 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.

LINHART, Y.B.; GRANT, M.C. Evolutionary significance of local genetic differentiation in plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 27, p. 237–277, 1996.

MACEDO, R.L.G. **Avaliação holística da fase juvenil do teste de introdução de espécies de *Eucalyptus* na Baixada Cuiabana, Mato Grosso**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1991.

MAMEDE, M.C.H. **Byrsonima**. Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB19425>. (acesso em 18 fevereiro de 2014).

MARACAHIPES, L. 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. 1-9, 2011.

MARIMON, B.S.; VARELLA, R.F.; MARIMON-JUNIOR, B.H. Fitossociologia de uma área de cerrado de encosta em Nova Xavantina, Mato Grosso. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, v. 3, p. 82-101, 1998.

MARIMON, B.S. et al. Distribuições de circunferências e alturas em três porções da Mata de Galeria do Córrego Bacaba, Nova Xavantina – MT. **Revista Árvore**, v. 25, n. 3, p. 335-343, 2001.

MARIMON, B.S. et al. Observations on the vegetation of northeastern Mato Grosso, Brazil. IV. An analysis of the Cerrado-Amazonian Forest ecotone. **Edinburgh Journal of Botany**, v.63, n. 23, p. 323-341, 2006.

MARIMON-JÚNIOR, B.H.; HARIDASAN, M. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado *sensu stricto* em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 4, p. 913-926, 2005.

MARTINS, F.Q.; BATALHA, M.A. Pollination systems and floral traits in cerrado woody species of the upper taquari region (Central Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, v. 66, n. 2, p. 543-552, 2006.

MARTINS, A.C.F. et al. Capacidade adaptativa de espécies do cerrado utilizadas em áreas de recuperação ambiental. **Revista Árvore**, v. 39, n. 3, p. 543-550, 2015.

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

MEWS, H.A. et al. Does size matter? Conservation implications of differing woody population sizes with equivalent occurrence and diversity of species for threatened savanna habitats. **Biodiversity and Conservation**, v. 23, p. 1119-1131, 2014.

MEWS, H.A. et al. No evidence of intrinsic spatial processes driving Neotropical savanna vegetation on different substrates. **Biotropica**, v. 48, p. 433-442, 2016.

MISIEWICZ, T.M.; FINE, P.V.A. Evidence for ecological divergence across a mosaic of soil types in an Amazonian tropical tree: *Protium subserratum* (Burseraceae). **Molecular Ecology**, v. 23, n. 10, p. 2543-2558, 2014.

MIRANDA, H.S.; SATO, M.N. Efeito do fogo na vegetação lenhosa do Cerrado. In: Scariot, A. Sousa-Silva, J.C.; Felfli, J.M. (Eds.) **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 93-105.

MIRANDA, S.C.; SILVA JÚNIOR, M.C.; SALLES, L.A.A. Comunidade lenhosa de Cerrado Rupestre na Serra Dourada, Goiás. **Heringeriana**, v. 1, n. 1, p. 43-53, 2007.

- MORO, M.F.; MARTINS, F.R. Métodos de Levantamento do componente arbóreo-arbustivo. In: FELFILI, J.M.; EISENLOHR, P.V.; MELO, M.M.R.F.; ANDRADE, L.A.; MEIRA-NETO, J.A.A. (Eds) **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de caso**, 2011. p. 174-212.
- MOURA, I.O. **Fitogeografia do Cerrado Rupestre: relações florístico-estruturais e ecológicas de espécies lenhosas**. Tese de doutorado, Universidade de Brasília, Brasília, 2010. 247p.
- MOURA, I.O. et al. Diversidade e estrutura comunitária de cerrado sentido restrito em afloramentos rochosos no Parque Estadual dos Pireneus, Goiás. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 33, n. 3, p. 55-467, 2010.
- MOTA, S.L.L. **Relações ecológicas da vegetação arbustivo-arbórea em áreas de cerrado rupestre na cadeia do espinhaço**. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília. Brasília. 2016. 91p.
- MÜELLER-DOMBOIS, D.; ELLEMBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York, John Wiley, 1974.
- NIINEMETS, Ü. Global-scale climatic controls of leaf dry mass per area, density and thickness in trees and shrubs. **Ecology**, v. 82, n. 2, p. 453-469, 2001.
- OKSANEN, J. et al. **Vegan: Community Ecology Package**. Disponível em: <http://cran.r-project.org/package=vegan> (acesso em 23 setembro de 2015).
- OLIVEIRA-FILHO, A.T.; MARTINS, F.R. Distribuição, caracterização e composição florística das formações vegetais da região da Salgadeira, na Chapada do Guimarães (MT). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 9, p. 207-223, 1986.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T. et al. Environmental factors affecting physiognomic and floristic variation in an area of cerrado in central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 5, p. 423-431, 1989.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T.; FLUMINHAN-FILHO, M. Ecologia da vegetação do Parque Florestal Quedas do Rio Bonito **Cerne**, v. 5, p. 51-64, 1999.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. A study of the origin of central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 52, n. 2, p. 141-194, 1995.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T.; RATTER, J.A. Vegetation physiognomies and woody flora of the Cerrado biome. In: Oliveira, P.S; Marquis, R.J. (Eds.). **The Cerrados of Brazil**. New York: Columbia University Press, 2002. p. 91-120.
- OLIVEIRA, R.S.; et al. Mineral nutrition of campos rupestres plant species on contrasting nutrient-impoverished soil types. **New Phytologist**, v. 205, n. 3, p. 1183-1194, 2015.

PEREIRA-JÚNIOR, L.R.; ANDRADE, A.P.; ARAÚJO, K.D. Composição florística e fitossociológica de um fragmento de caatinga em Monteiro, PB. **Holos**, v.6, p. 73-87, 2012.

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

PINTO, J.R.R. et al. Fitossociologia em áreas de Cerrado Rupestre: aplicação de parâmetros convencionais e de análises e abordagens pouco usadas. In: Eisenlohr, P.V.; Felfili, J.M.; Melo, M.M.R.F; Andrade, L.A.. Meira Neto, J.A.A. (Eds.). **Fitossociologia do Brasil: métodos de estudos de caso**. Viçosa: Editora UFV, 2015 p. 212-227.

PIRES, M.V.V. et al. Características morfológicas e variabilidade genética de araticum utilizando marcadores RAPD e microssatélites. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 37, n. 1, p. 149-158, 2015.

POREMBSKI, S. Tropical inselbergs: habitat types, adaptive strategies and diversity patterns. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 4, p. 579-586, 2007.

POREMBSKI, S. et al. Diversity and ecology of saxicolous vegetation mats on inselbergs in the Brazilian Atlantic rainforest. **Diversity and Distributions**, v. 4, n. 3, p. 107-119, 1998.

POORTER, L. et al. Are functional traits good predictor of demographic rates? Evidence from five neotropical forests. **Ecology**, v. 89 n.7, p. 1908-1920, 2008.

PRICE, T.D.; QVARNSTROM, A.; IRWIN, D.E. The role of phenotypic plasticity in driving genetic evolution. **Proceedings of the Royal Society Biological Sciences** v. 270, n. 1523, p. 1432-1440, 2003.

PROENÇA, C., OLIVEIRA, R.S; SILVA, A.P. **Flores e Frutos do Cerrado**. 2ª d. Brasília: Editora Rede de Sementes do Cerrado, 2006. 226p.

R Development Core Team. **R: a language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <http://www.R-project.org>, 2010.

RATTER, J.A.; DARGIE, T.C.D. An analysis of the floristic composition of 26 cerrado areas in Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 49, n. 2, p. 235-250, 1992.

RATTER, J.A. et al. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation II: comparison of the woody vegetation of 98 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 53, n. 2, p. 153-180, 1996.

RATTER, J.A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J.F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 60, n. 1, p. 57-109, 2003.

- REATTO, A. et al. Solos do Bioma do Cerrado: aspectos pedológicos. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P. (Eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. p. 151-199.
- REICH, P.B. et al. The evolution of plant functional variation: traits, spectra, and strategies. **International Journal of Plant Science**, v. 164, n. 3, p. 142-164, 2003.
- REIS, T.S. et al. Elevation as a barrier: genetic structure for an Atlantic rain forest tree (*Bathysa australis*) in the Serra do Mar mountain range, SE Brazil. **Ecology and Evolution**, v. 5, n. 9, p. 1919-1931, 2015.
- RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado**. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. (Eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. Embrapa Cerrados, Planaltina, 2008. p. 89-168.
- ROHLF, J.F. NTSYS, P.C. **Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System, Version 2.2**. New York, Exeter Publications, 1992.
- ROMERO, R.; NAKAJIMA, J.N. Espécies endêmicas do Parque Nacional da Serra da Canastra. **Revista Brasil. de Botânica**, v. 22, n. 2, p. 259-265, 1999.
- ROSSETE, N.A.; IVANAUSKA, S.N.M. **Mapeamento do meio físico e da vegetação de Estação Biológica Municipal “Mário Viana” Nova Xavantina – MT**. Livro de Resumos do V Congresso de Ecologia do Brasil. Porto Alegre, 2001.
- SANO, E.E. et al. **Mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal - bioma Cerrado: ano base 2002**. Brasília: MMA/SBF, 2010. 96p.
- SANTOS, T.R.R. **Fitogeografia da vegetação arbustivo-arbórea em áreas de cerrado rupestre no estado de Goiás**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, 2011. 110p.
- SANTOS, T.R.R. et al. The tree-shrub vegetation in rocky outcrop cerrado areas in Goiás State, Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 35, n. 3, p. 281-294, 2012a.
- 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, p. 541-550, 2012b.
- SANTOS, F.R. et al. Diversidade genética. In: DRUMOND, G.M.; MARINS, C.S.; GRECO M.B.; VIEIRA F. (Orgs.). **Biota de Minas: diagnóstico do conhecimento sobre a diversidade no Estado de Minas Gerais - subsídio ao Programa Biota Minas**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2009. p. 389-410.
- SCALON, M.C., FRANCO, A.C. **Influência dos fatores ambientais na área foliar específica de espécies lenhosas do cerrado**. Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambú-MG, 2007.

SCARANELLO, et al. Height-diameter relationships of tropical Atlantic moist forest trees in southeastern Brazil. **Scientia Agricola**, v. 69, n. 1, p. 26-37, 2011.

SCHEINER, S.M. Genetics and evolution of phenotypic plasticity. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 24, p. 35-68, 1993.

SCHIAVINI, I.; RESENDE, J.C.F.R.; AQUINO, F.G. Dinâmica de populações de espécies arbóreas em mata de galeria e mata mesófila na margem do Ribeirão Panga, MG. In: RIBEIRO, J.F.; FONSECA, C.E.L.; SOUSA-SILVA, J.C. (Orgs.). **Cerrado: Caracterização e recuperação de Matas de Galeria**, 2001. p. 267-299.

SIEGEL, S.; CASTELLAN-JÚNIOR, N.T. **Nonparametric statistics for the behavioral sciences**. New York: McGraw-Hill, 1988.

SILVA, M.A.O.; MATA, R.F.F. Padrões alométricos de *Miconia ferruginata* DC. (Melastomataceae) no PESCAN, Goiás. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 1, p. 195-197, 2007.

SILVA-JÚNIOR, et al. **100 Árvores do Cerrado: guia de campo**. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2005.

SILVA, E.P.R.; MIRANDA, H.S. Temperatura do câmbio de espécies lenhosas do cerrado durante queimadas prescritas. In: PEREIRA, R.C; NASSER, L.C.B. (Eds.). **Biodiversidade e Produção Sustentável de Alimentos e Fibras**. Brasília: Embrapa, 1996. p. 253-257.

SILVA, R.N; FERNANDES, G.W.; LOVATO, M.B. Genetic variation in two Chamaecrista species (Leguminosae), one endangered and narrowly distributed and another widespread in the Serra do Espinhaço, Brazil. **Canadian Journal of Botany**, v. 85, n. 7, p. 629-636, 2007.

SILVEIRA, L.H.C., REZENDE, A.V., VALE, A.T. Teor de umidade e densidade básica da madeira de nove espécies comerciais amazônicas. **Acta Amazônica**, v. 43, n. 2, p. 179-184, 2013.

SIMON, M.F.; PROENÇA, C. Phytogeographic patterns of Mimosa (Mimosoideae, Leguminosae) in the Cerrado biome of Brazil: an indicator genus of high-altitude center of endemism? **Biological Conservation**, v. 96, n. 3, p. 279-296, 2000.

SMITH, D.M. **Maximum moisture content method for determining specific gravity of small wood samples**. USDA Forest Products Laboratory, 1954.

SOARES, R.V.; BATISTA, A.C. **Incêndios florestais - Controle, efeitos e uso do fogo**. Curitiba, 2007. 264p.

SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. **Biometria**. 2 ed. Madrid, H. Blume. Versão eletrônica, 1981.

- 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.
- SOUZA, J.P.; COIMBRA, F.G. Estrutura populacional e distribuição espacial de *Qualea parviflora* Mart. em um cerrado *sensu stricto*. **Bioscience Journal**, v. 21, n. 2, p. 65-70, 2005.
- SPÓSITO, T.C.; SANTOS, F.A.M.. Scaling of stem and crown in eight *Cecropia* (Cecropiaceae) species of Brazil. **American Journal of Botany**, v. 88, n. 5, p. 939-4, 2001a.
- SPÓSITO, T.C.; SANTOS, F.A.M. Architectural patterns of eight *Cecropia* (Cecropiaceae) species of Brazil. **Flora**, v. 196, p. 215-226, 2001b.
- TELLES, M.P.C. et al. Estrutura genética em populações naturais de *Tibouchina papyrus* (pau-papel) em áreas de campo rupestre no cerrado **Revista Brasileira de Botânica**, v.33, n.2, p. 291-300, 2010.
- TRINDADE, M.G.; CHAVES, L.J. Genetic structure of natural *Eugenia dysenterica* DC (Myrtaceae) populations in northeastern Goiás, Brazil, accessed by morphological traits and RAPD markers. **Genetics and Molecular Biology**, v. 28, n. 3, p. 407-413, 2005.
- TRUONG, C.; PALM, A. E.; FELBER, F. Recent invasion of the mountain birch *Betula pubescens* ssp *tortuosa* above the treeline due to climate change: genetic and ecological study in northern Sweden. **Journal of Evolutionary Biology**, v. 20, n. 1, p. 369–380, 2007.
- VALE, A.T.; ELIAS, P.S. Nível de proteção térmica da casca de quatro espécies lenhosas e a relação da arquitetura da casca com a transferência de calor. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 4, p. 979-987, 2014.
- VIA, S. et al. Adaptive phenotypic plasticity: consensus and controversy. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 19, n. 5, p. 212-217, 1995.
- VIOLLE, C. et al. E. Let the concept of trait be functional! **Oikos**, v. 116, n. 5, p. 882–892, 2007.
- WELSH, J.; MCCLELLAND, M. Fingerprinting genomes using PCR with arbitrary primers. **Nucleic Acids Research**, v.18, n. 24, p. 7213-7218, 1990.
- WILLIAMS, J.G. et al. DNA Polymorphism amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. **Nucleic Acids Research**, v.18, n. 22, p.6531-6535, 1990.
- WILLIAMS, J.G.K.; HANAFEY, M.K.; RAFALSKI, J.A.; TINGEY, S.V. Genetic analysis using random amplified polymorphic DNA markers. **Methods in Enzymology**, v. 218, n. p. 704-740, 1993.

ZAR, J.H. **Biostatistical Analysis**. New Jersey. Prentice Hall, 1999.

ANEXOS

Anexo 3.1- Associação dos traços funcionais como respostas das espécies para quatro classes de mudanças ambientais (filtros ambientais), força competitiva e defesa contra patógenos e herbivoria (filtros biológicos) e efeitos sobre ciclos biogeoquímicos e regime de perturbação. Fonte: Cornelissen et al. (2003).

Atributos Funcionais	Resposta ao clima	Resposta ao CO ₂	Resposta ao recurso do solo	Resposta a distúrbios	Força competitiva	Proteção e defesa da planta	Efeitos sobre os ciclos biogeoquímicos	Efeitos sobre o regime de perturbação
Da planta inteira	*							
Forma de crescimento	*	*	*	*	*	*	*	*
Forma de vida	*	*	*	*	*	*	*	*
Altura da planta #	*	*	*	*	*	*	*	*
Clonalidade	*	?	*	*	*			?
Espinescência	*	?			*	*		?
Inflamabilidade		?			*	?	*	*
Da folha								
Área foliar específica #	*	*	*		*	*	*	
Tamanho da folha	*	?	*		*	*	*	
Teor de matéria seca da folha	*	?	*			*	*	*
Concentração de N e P na folha #	*	*	*	*	*	*	*	
Força física das folhas	*	?	*	*		*	*	
Tempo de vida da folha	*	*	*	*	*	*	*	*
Fenologia da folha	*		*		*		*	*
Rota fotossintética	*	*			*			
Resistência da folha ao frio	*				*	*		
Do caule e abaixo do solo								
Densidade específica do caule #	*	?	?	*		*	*	*
Teor de matéria seca do galho	*	?	?	?		*	*	*
Tempo de secagem do galho	*	?	?				?	*
Espessura da casca #			*	*		*		?
Comprimento radicular específico	*	?	*		*	*		?
Diâmetro de raízes finas	*	?	*					
Profundidade de enraizamento	*	*	*	*	*		*	*
95% de profundidade de enraizamento	*	?	*		*			*
Estratégia de absorção de nutriente	*	*	*	*	*		*	
Regenerativos								
Modo de dispersão				*				
Forma e tamanho dos dispersores				*				
Massa de sementes			*	*	*	*		
Capacidade de rebrota		*	*	*			*	

Atributos funcionais que avaliamos na Tese.

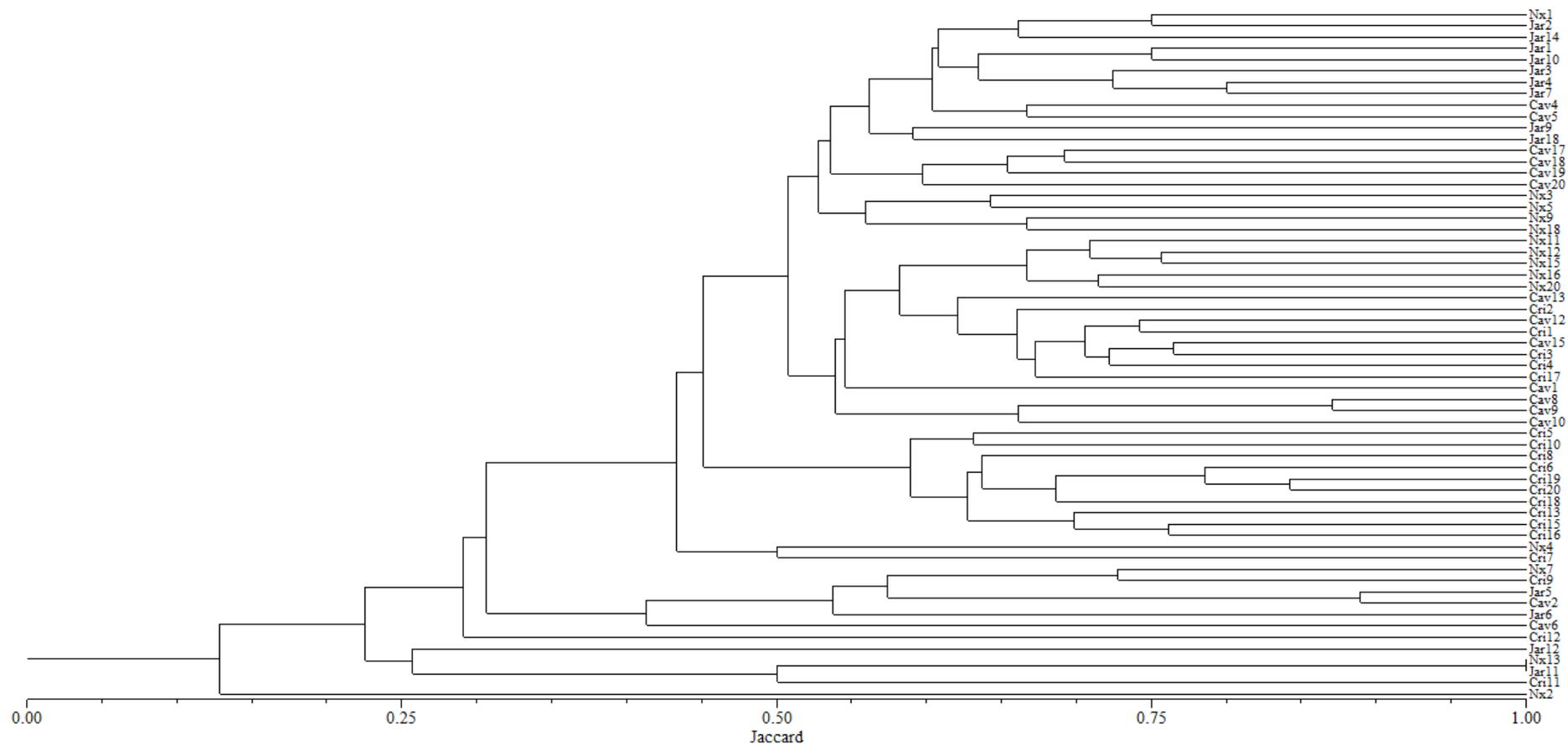
Anexo 3.2- Comparação dos teores médios de nutrientes nos solos de Cerrado Rupestre (CR) e Cerrado Típico (CT) amostrados em Cavalcante-GO, Cristalina-GO, Jaraguá- GO e Nova Xavantina-MT. As siglas representam os nutrientes, em que P: fósforo, K: potássio, Ca: cálcio, Mg: magnésio, S: enxofre, Fe: ferro, Cu: cobre, Mn: manganês, Zn: zinco, B: boro, Al: alumínio, %Mo: % matéria orgânica, CTC: capacidade de troca catiônica, Sat. Bases (V%): saturação de base, pHCa: pH em cálcio, % Areia, % Silte e % Argila. Os valores em negrito indicam diferenças significativas ($p < 0,05$), pelo teste de Mann-Whitney.

Propriedades	Cavalcante			Cristalina			Jaraguá			Nova Xavantina		
	CR	CT		CR	CT		CR	CT		CR	CT	
P	5,38 ±1,53	1,80 ±0,24	Z= 3,7796 p= 0,0002	4,98 ±3,22	2,56 ±0,80	Z= 2,2678 p= 0,0233	4,65 ±2,29	4,23 ±0,92	Z= 0,3402 p= 0,7337	5,96 ±0,92	5,22 ±1,46	Z= 1,0205 p= 0,3075
K	0,17 ±0,04	0,14 ±0,02	Z= 1,7008 p=0,0890	0,11 ±0,03	0,12 ±0,03	Z= 0,3402 p= 0,7337	0,15 ±0,01	0,08 ±0,02	Z= 3,7796 p=0,0002	0,19 ±0,02	0,18 ±0,05	Z= 1,6630 p= 0,0963
Ca	0,21 ±0,03	0,20 ±0,00	Z= 0,3780 p= 0,7055	0,27 ±0,22	0,22 ±0,04	Z= 0,0756 p= 0,9397	0,23 ±0,09	0,21 ±0,03	Z= 0,0378 p= 0,9699	0,29 ±0,07	0,61 ±0,56	Z= 1,3229 p= 0,1859
Mg	0,12 ±0,06	0,10 ±0,00	Z= 0,3780 p=0,7055	0,10 ±0,05	0,10 ±0,00	Z= 0,0000 p= 1,0000	0,11 ±0,03	0,11 ±0,03	Z= 0,0000 p= 1,0000	0,19 ±0,07	0,36 ±0,29	Z= 1,3229 p= 0,1859
S	11,96 ±19,27	4,00 ±0,75	Z= 1,6630 p= 0,0963	4,72 ±0,64	14,99 ±4,76	Z= 3,7796 p= 0,0002	4,59 ±0,51	9,69 ±1,37	Z= 3,7796 p= 0,0002	5,55 ±3,34	2,73 ±2,14	Z= 1,7386 p= 0,0821
Fe	162,25 ±48,13	113,50 ±11,75	Z= 2,4190 p= 0,0156	135,34 ±24,02	86,97 ±28,1	Z= 3,0237 p= 0,0025	197,31 ±23,82	83,24 ±10,7	Z= 3,7796 p= 0,0002	92,30 ±18,1	92,24 ±26,7	Z= 0,6047 p= 0,5454
Cu	0,18 ±0,16	0,28 ±0,19	Z= 1,3229 p= 0,1859	0,13 ±0,09	0,22 ±0,06	Z= 3,0615 p= 0,0022	0,10 ±0,00	0,42 ±0,12	Z= 3,7796 p= 0,0002	0,48 ±0,29	0,65 ±0,41	Z= 0,9449 p= 0,3447
Mn	1,65 ±0,94	2,36 ±0,79	Z= 2,2300 p= 0,0257	2,68 ±2,63	2,66 ±1,20	Z= 0,8693 p= 0,3847	4,18 ±2,83	4,42 ±3,85	Z= 0,4914 p= 0,6232	20,14 ±11,8	52,74 ±48,0	Z= 1,497 p= 0,1212
Zn	0,36 ±0,15	0,15 ±0,05	Z= 3,2127 p= 0,0013	0,66 ±0,27	0,24 ±0,10	Z= 3,4773 p= 0,0005	0,17 ±0,13	0,41 ±0,21	Z= 2,6458 p= 0,0082	1,43 ±0,87	1,39 ±0,57	Z= 0,1134 p= 0,9097
B	0,19 ±0,03	0,17 ±0,01	Z= 1,3607 p= 0,1736	0,18 ±0,02	0,22 ±0,05	Z= 2,1544 p= 0,0312	0,18 ±0,01	0,08 ±0,02	Z= 3,7796 p= 0,0002	0,29 ±0,08	0,24 ±0,05	Z= 1,3985 p= 0,1620
Al	3,20 ±0,41	1,61 ±0,19	Z= 3,7796 p=0,0002	1,58 ±0,55	1,09 ±0,47	Z= 2,5324 p= 0,0113	2,07 ±0,25	1,11 ±0,38	Z= 3,7418 p= 0,0002	1,72 ±0,24	0,85 ±0,28	Z= 3,7796 p= 0,0002
%Mo	1,65 ±1,77	3,15 ±0,56	Z= 2,4946 p= 0,0126	4,35 ±1,69	3,94 ±1,33	Z= 0,6047 p= 0,5454	1,72 ±1,70	3,15 ±1,12	Z= 2,4946 p= 0,0126	2,68 ±0,58	2,04 ±1,07	Z= 2,5324 p= 0,0113
CTC	9,95 ±2,88	5,27 ±1,18	Z= 3,4773 p= 0,0005	8,12 ±1,59	7,78 ±1,05	Z= 0,6803 p= 0,4963	8,69 ±1,10	4,71 ±0,74	Z= 3,7796 p= 0,0002	9,46 ±1,95	6,77 ±1,97	Z= 2,4946 p= 0,0126
Saturação de Base (V%)	5,42 ±1,82	8,83 ±1,88	Z= 3,7796 p= 0,0019	6,10 ±3,23	6,04 ±1,07	Z= 0,6803 p= 0,4963	5,77 ±1,03	8,68 ±1,34	Z= 3,4773 p= 0,0005	7,64 ±2,06	17,05 ±9,85	Z= 2,9481 p= 0,0032

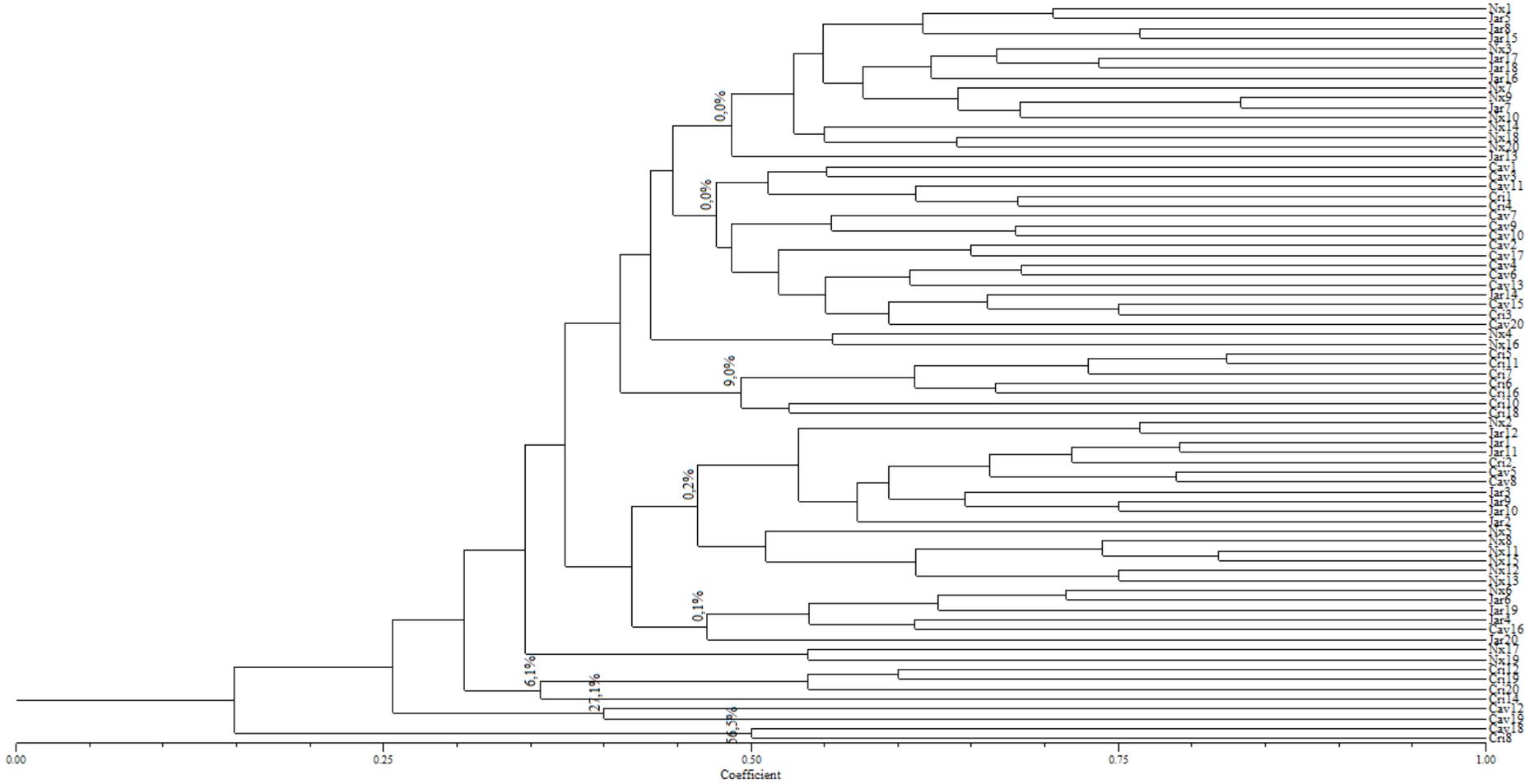
Propriedades	Cavalcante			Cristalina			Jaraguá			Nova Xavantina		
	CR	CT		CR	CT		CR	CT		CR	CT	
pH _{Ca}	3,51	3,90	Z= 3,7796	3,38	3,87	Z= 3,7796	3,85	3,84	Z= 0,3024	3,67	4,02	Z= 3,0615
	±0,13	±0,00	p= 0,0002	±0,18	±0,07	p= 0,0002	±0,10	±0,08	p= 0,7624	±0,15	±0,25	p= 0,0022
% Areia	78,50	56,40	Z= 3,7796	89,00	87,10	Z= 1,6630	82,67	78,80	Z= 2,7353	88,00	87,70	Z= 0,0000
	±7,09	±4,60	p= 0,0002	±1,33	±3,21	p= 0,0963	±1,58	±4,87	p= 0,0062	±2,31	±3,09	p= 1,0000
% Silte	5,40	9,20	Z= 3,7041	3,40	3,80	Z= 1,2851	5,00	5,20	Z= 0,3674	4,20	4,20	Z= 0,0000
	±1,17	±0,92	p= 0,0002	±0,52	±0,63	p= 0,1988	±0,00	±0,63	p= 0,7133	±1,03	±1,03	p= 1,0000
% Argila	16,10	34,40	Z= 3,7796	7,60	9,10	Z= 1,6630	12,33	16,00	Z= 2,7353	7,80	8,10	Z= 0,0378
	±5,97	±3,75	p= 0,0002	±0,84	±2,64	p= 0,0963	±1,58	±4,35	p= 0,0062	±1,55	±2,28	p= 0,9699

Fórmulas: SB = Ca + Mg + K + Na; V% = (SB/CTC) x 100; CTC = SB + H⁺ + Al⁺³. Fonte: Reatto et al. (2008).

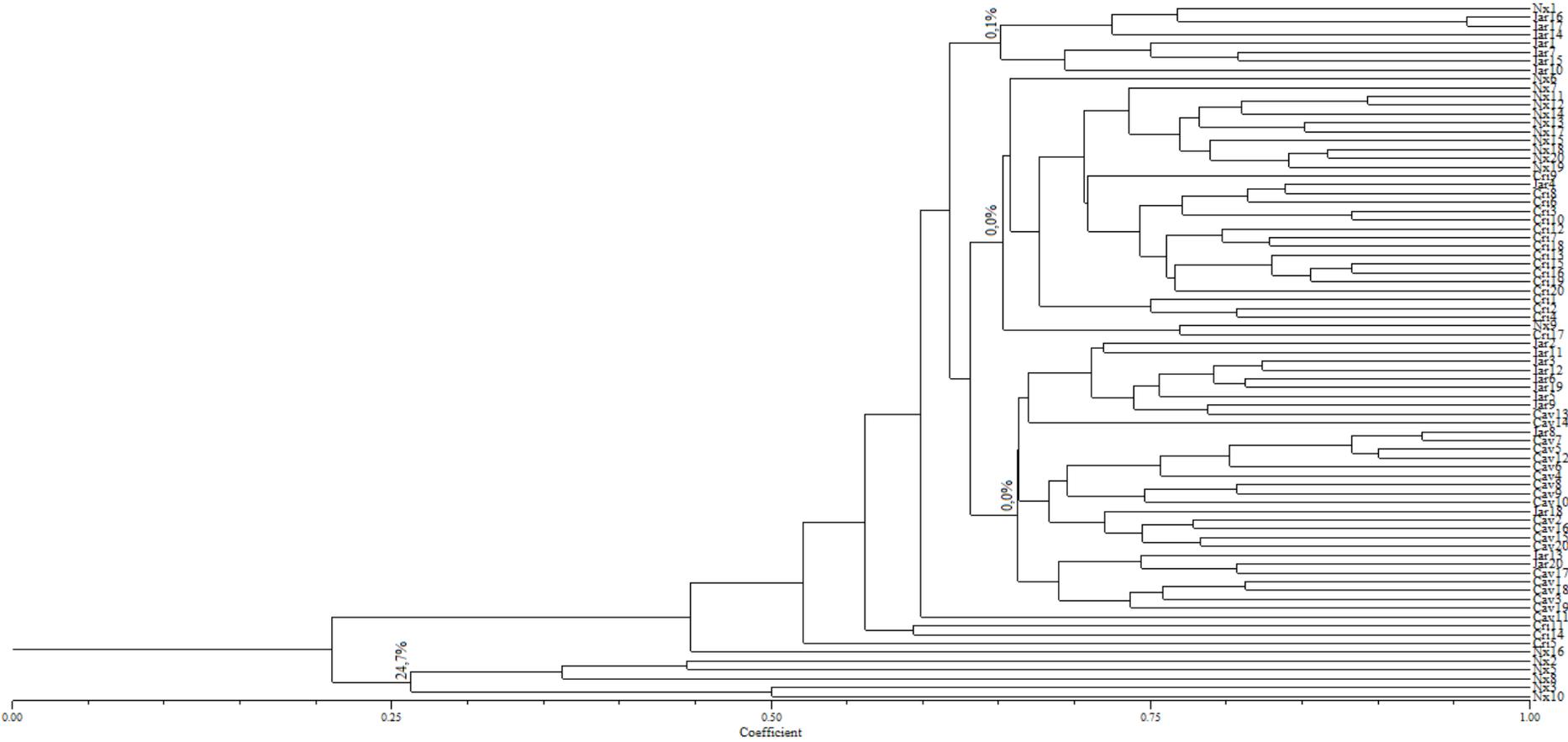
Anexo 4.1- Similaridade genética obtida pelo método UPGMA com base no coeficiente de similaridade de Jaccard, entre os 61 indivíduos de *Aspidosperma tomentosum* Mart., amostrados em áreas de Cerrado Rupestre (1 a 10) e Cerrado Típico (11 a 20) em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx).



Anexo 4.2- Similaridade genética obtida pelo método UPGMA com base no coeficiente de similaridade de Jaccard, entre os 75 indivíduos de *Byrsonima pachyphylla* A. Juss., amostrados em áreas de Cerrado Rupestre (1 a 10) e Cerrado Típico (11 a 20) em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx). Valores em porcentagem indicam o Bootstrap.



Anexo 4.3- Similaridade genética obtida pelo método UPGMA com base no coeficiente de similaridade de Jaccard, entre os 79 indivíduos de *Davilla elliptica* A.St.-Hil., amostrados em áreas de Cerrado Rupestre (1 a 10) e Cerrado Típico (11 a 20) em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx). Valores em porcentagem indicam o Bootstrap.



Anexo 4.4- Similaridade genética obtida pelo método UPGMA com base no coeficiente de similaridade de Jaccard, entre os 80 indivíduos de *Ouratea hexasperma* (A.St.-Hil.) Baill., amostrados em áreas de Cerrado Rupestre (1 a 10) e Cerrado Típico (11 a 20) em Cavalcante-GO (Cav), Cristalina-GO (Cri), Jaraguá-GO (Jar) e Nova Xavantina-MT (Nx). Valores em porcentagem indicam o Bootstrap.

