



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Instituto de Biologia

Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal



**Fisiologia e Bioquímica de plantas da Família Melastomataceae, Estação Ecológica do
Panga, Uberlândia, MG**

Mestranda: Walquíria Fernanda Teixeira

Orientadora: Prof^ª Dr^ª. Marli A. Ranal

UBERLÂNDIA - MG

2013



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Instituto de Biologia

Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal



Fisiologia e Bioquímica de plantas da Família Melastomataceae, Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG

Mestranda: Walquíria Fernanda Teixeira

Orientadora: Prof^ª Dr^a. Marli A. Ranal

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia (UFU) como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal.

UBERLÂNDIA - MG

2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

T26 Teixeira, Walquíria Fernanda, 1987-
6f Fisiologia e bioquímica de plantas da família Melastomataceae,
2013 Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG / Walquíria Fernanda Teixeira. -- 2013.
110 f. : il.

Orientadora: Marli A. Ranal.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal.
Inclui bibliografia.

1. Botânica - Teses. 2. Melastomataceae - Teses. 3. Melastomataceae - Fisiologia - Teses. 4. Germinação - Teses. I. Ranal, Marli Aparecida. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal. III. Título.

CDU: 581



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Instituto de Biologia

Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal




**Fisiologia e Bioquímica de plantas da Família Melastomataceae, Estação Ecológica
do Panga, Uberlândia, MG**

Mestranda: Walquíria Fernanda Teixeira

COMISSÃO EXAMINADORA:

Presidente (Orientadora):


Prof.^a Dr.^a Marli A. Ranal
Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Examinadores:



Dr.^a Ana Paula de Oliveira
Universidade Federal de Uberlândia – UFU



Prof. Dr. Evandro Binotto Fagan
Centro Universitário Patos de Minas - UNIPAM

UBERLÂNDIA - MG

2013

Dedico à minha mãe Cleusa e meu
irmão Vagner.

AGRADECIMENTOS

Para concretizar mais uma etapa de minha vida, contei com diversas pessoas generosas que suavizaram minha caminhada; por isso agradeço a Deus por ter colocado pessoas tão abençoadas em meu caminho e, acima de tudo, por ter me proporcionado o dom da vida.

À Prof^a Dr^a Marli A. Ranal pela paciência, dedicação e confiança depositadas em mim durante a orientação deste trabalho. Sua compreensão, experiência profissional e determinação muito contribuíram para minha formação como pesquisadora.

Agradeço aos meus pais Cleusa M^a Pereira Teixeira e Pedro Teixeira e ao meu irmão Vagner Teixeira que foram os alicerces de toda essa trajetória. À minha mãe, por ter estado ao meu lado durante todo este percurso, me incentivando e compreendendo meus momentos de ausência e ao meu irmão, por ter me apoiado e acolhido em sua residência, todas as vezes que eu precisei.

Ao meu grande tio Valdson Pereira que sempre me apoiou em todos os momentos de minha vida, me ajudando a prosseguir e a avançar, ultrapassando as dificuldades. Nunca irei me esquecer de um versículo da bíblia ele que me disse durante a minha caminhada - “Aquele que duvida é semelhante à onda do mar que é levada pelo vento, mas Jesus disse: se tu podes crer, nada é impossível ao que crê”. Sempre levarei essas palavras em meu coração.

Ao Professor e amigo, Dr. Evandro Binotto Fagan, obrigada pela paciência, pelas sábias palavras, pelos ensinamentos e pelas oportunidades proporcionadas, levando ao meu crescimento a cada dia. Levo comigo a certeza de que se cheguei até aqui, foi porque você me incentivou e, com certeza, lhe considerarei um grande pai por toda a minha vida.

Aos amigos do laboratório NUFEP (Núcleo de Pesquisas em Fisiologia e Estresse de Plantas) Leidyane Godinho, Louranny Tavares, Gleize Leviski, Tiago Borges, Thais Queiroz, Kamilla Alves, Renan Nascentes e Cleiton Burnier que me acompanharam e me ajudaram ao longo do mestrado. Obrigada pelo incentivo, amizade e pela boa vontade em me auxiliar.

Ao amigo Luís Henrique Soares, que me auxiliou durante a montagem dos experimentos e, principalmente, na fase final deste trabalho, em meio às quase intermináveis análises estatísticas e formatações. Enfim, obrigada por ter dedicado o seu tempo para me ajudar e por me fazer acreditar que eu era capaz de chegar até aqui.

À Prof^a Dr^a Maria Cristina Sanches, pelo auxílio na coleta de dados no campo, em especial pela interpretação dos dados de fotossíntese.

À Dr^a Ana Paula de Oliveira pela ajuda durante a coleta de material no campo e pela contribuição na interpretação dos dados.

Ao Dr. Clesnan Mendes Rodrigues e Dr. Quintiliano Siqueira Schroden Nomelini pelo auxílio na realização das análises estatísticas.

Ao Prof. Dr. Carlos Henrique Eiterer de Souza, obrigada pela ajuda e pelos ensinamentos.

Aos colegas de mestrado em Biologia Vegetal pelos bons momentos vivenciados, em especial Ana Carolina Ferreira Martins e Paula Arruda Fernandes, com as quais realizei os diversos trabalhos das disciplinas do mestrado, amigas que levarei para sempre em meu coração.

À Prof^a M.Sc. Alice Fátima Amaral que despertou em mim o interesse pela pesquisa, me ajudando e incentivando a dar os primeiros passos dentro do mundo da pesquisa.

Ao Prof. M.Sc. Sandro Gonçalves Moreira, pelo auxílio em parte das viagens semanais a Uberlândia.

E como dizia Vinícius de Moraes “Eu poderia suportar, embora não sem dor, que tivessem morrido todos os meus amores, mas enlouqueceria se morressem todos os meus amigos”, pois sem eles, eu nada seria. Por isto, deixo um agradecimento especial às minhas grandes amigas de longa data, Mariza Silva, Sabrina Canedo, Cíntia Sousa, Juliana Freitas, Poliane Gonçalves, Sinara Marques e Éllen Canedo.

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

Enfim, a todos aqueles que de alguma forma contribuíram, direta ou indiretamente, para a concretização deste trabalho, muito obrigada!

"Tudo tem o seu tempo determinado e há tempo
para todo o propósito debaixo do céu".
(Eclesiastes 3:1)

SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	1
INTRODUÇÃO GERAL	2
Referências bibliográficas	3
CAPÍTULO I.....	6
Variabilidade intraespecífica e efeito da fitofisionomia na germinação de sementes de duas espécies de Melastomataceae de Cerrado	6
RESUMO	6
ABSTRACT	7
1 Introdução.....	8
2 Material e Métodos.....	9
2.1 Locais e períodos de coleta	9
2.2 Descrição das espécies estudadas.....	9
2.3 Delineamento experimental e instalação dos experimentos.....	10
2.4 Características avaliadas	10
2.5 Análise estatística dos dados	10
3 Resultados	11
4 Discussão.....	24
Referências bibliográficas	26
CAPÍTULO II	31
Doses de alumínio na germinação de sementes de espécies de Melastomataceae.....	32
RESUMO	32
ABSTRACT	33
1 Introdução.....	33
2 Material e Métodos.....	34
2.1 Locais e épocas de coleta	34
2.2 Delineamento experimental.....	35
2.3 Características avaliadas	35
2.4 Análise estatística.....	36
3 Resultados	36
4 Discussão.....	46
Referências bibliográficas	47
CAPÍTULO III	50
Estresse oxidativo e estado nutricional de plantas da família Melastomataceae	50

RESUMO	50
ABSTRACT	51
1 Introdução.....	52
2 Material e Métodos.....	54
2.1 Locais, épocas e materiais coletados	54
2.2 Atividade de enzimas antioxidantes	54
2.3 Quantificação de lipoperóxidos (peroxidação lipídica)	56
2.4 Atividade da enzima nitrato redutase	56
2.5 Quantificação de clorofilas <i>a</i> , <i>b</i> e carotenoides.....	57
2.6 Trocas gasosas	57
2.7 Dados climáticos	57
2.8 Análises químicas de amostras de solo e de folhas	58
2.9 Teor de água no solo	58
2.10 Análise estatística dos dados	58
3 Resultados	58
4 Discussão.....	76
Referências Bibliográficas	79
CAPÍTULO IV	86
Variabilidade intraespecífica e efeito do alumínio na germinação de sementes de <i>Microlicia fasciculata</i>	86
RESUMO	86
ABSTRACT	87
1 Introdução.....	88
2 Material e Métodos.....	89
2.1 Locais e períodos de coleta	89
2.2 Delineamento experimental e instalação dos experimentos.....	89
2.3 Características avaliadas	90
2.4 Análise estatística dos dados	90
2.5 Características bioquímicas e fisiológicas	90
2.6 Atividade de enzimas antioxidantes	91
2.7 Quantificação de lipoperóxidos (peroxidação lipídica)	92
2.8 Atividade da enzima nitrato redutase	93
2.9 Análises químicas de amostras de solo e de folhas	93
2.10 Análise estatística dos dados referentes à atividade enzimática, lipoperoxidação e análise química foliar	94

3	Resultados	94
4	Discussão.....	104
	Referências bibliográficas	105
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	109

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1 - Frequência relativa de germinação de sementes de *Miconia albicans* em função do tempo, coletas realizadas em plantas do cerrado *stricto sensu* Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG.....14

Figura 2 - Frequência relativa de germinação de sementes de *Miconia albicans* em função do tempo, coletas realizadas em plantas de vereda da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG.....15

Figura 3 - Frequência relativa de germinação de sementes de *Miconia fallax* em função do tempo, coletas realizadas em plantas do cerrado *stricto sensu* Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG.....21

Figura 4 - Frequência relativa de germinação de sementes de *Miconia fallax* em função do tempo, coletas realizadas em plantas de vereda da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG.....22

CAPÍTULO II

Figura 1- Frequência relativa de germinação de sementes de *Miconia albicans* em função do tempo e submetidas a diferentes doses de alumínio, coletas realizadas em plantas de cerrado *stricto sensu* da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG..... 39

Figura 2 - Frequência relativa de germinação de sementes de *Miconia albicans* em função do tempo e submetidas a diferentes doses de alumínio, coletas realizadas em plantas de vereda da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG. 39

Figura 3 - Frequência relativa de germinação de sementes de *Miconia fallax* em função do tempo, submetidas a diferentes doses de alumínio, coletas realizadas em plantas de cerrado *stricto sensu* da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG..... 43

Figura 4 - Frequência relativa de germinação de sementes de *Miconia fallax* em função do tempo, submetidas a diferentes doses de alumínio, coletas realizadas em plantas de vereda da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG. 44

Figura 5 - Teor de alumínio no solo (Al) (A), teor de alumínio foliar em *Miconia albicans* (A) e *Miconia fallax* (B) em ambiente de vereda e cerrado *stricto sensu* em setembro de 2012. Uberlândia-MG 2012. 45

CAPÍTULO III

Figura 1 - Atividade da superóxido dismutase (SOD) (A), peroxidase (POD) (B) catalase (CAT) (C) e peroxidação lipídica (PL) (D) em indivíduos de *Miconia albicans* ocorrentes em vereda e cerrado *stricto sensu*, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em abril de 2012. Barras superior, inferior e central representam valor máximo, mínimo e mediana, respectivamente..... 59

Figura 2 - Atividade da superóxido dismutase (SOD) (A), peroxidase (POD) (B) e catalase (CAT) (C) em indivíduos *Miconia fallax* ocorrentes em vereda e cerrado *stricto sensu*, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em abril de 2012. Barras superior, inferior e central representam valor máximo, mínimo e mediana, respectivamente..... 60

Figura 3 - Atividade da superóxido dismutase (SOD) (A), peroxidase (POD) (B), catalase (CAT) (C) e peroxidação lipídica (PL) (D) em indivíduos de *Miconia albicans* ocorrentes em

- vereda e cerrado *stricto sensu*, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em junho de 2012. Barras superior, inferior e central representam valor máximo, mínimo e mediana, respectivamente. 62
- Figura 4 - Atividade da nitrato redutase (ANR) (A), teor de clorofila a (Ca) (B), clorofila b (Cb) (C) clorofila total (Ct) (D) e carotenóides (C) (E) em indivíduos de *Miconia albicans* ocorrentes em vereda e cerrado *stricto sensu*, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em junho de 2012. Barras superior, inferior e central representam valor máximo, mínimo e mediana, respectivamente. 63
- Figura 5 - Atividade da superóxido dismutase (SOD) (A), peroxidase (POD) (B), catalase (CAT) (C) e peroxidação lipídica (PL) (D) em indivíduos de *Miconia fallax* ocorrentes em vereda e cerrado *stricto sensu*, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em junho de 2012. Barras superior, inferior e central representam valor máximo, mínimo e mediana, respectivamente. 65
- Figura 6 - Atividade da nitrato redutase (ANR) (A), teor de clorofila a (Ca) (B), clorofila b (Cb) (C) clorofila total (Ct) (D), carotenóides (C) (E) em indivíduos de *Miconia fallax* em vereda e cerrado *stricto sensu*, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em junho de 2012. Barras superior, inferior e central representam valor máximo, mínimo e mediana, respectivamente. 66
- Figura 7 - Temperatura do ar (A), umidade do ar (B) radiação fotossinteticamente ativa (RFA) em vereda e cerrado *stricto sensu*, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em junho de 2012. Barras superior, inferior e central representam valor máximo, mínimo e mediana, respectivamente. 67
- Figura 8 - Atividade da superóxido dismutase (SOD) (A), peroxidase (POD) (B), catalase (CAT) (C) e peroxidação lipídica (PL) (D) em indivíduos de *Miconia albicans* em vereda e cerrado *stricto sensu*, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em setembro de 2012. Barras superior, inferior e central representam valor máximo, mínimo e mediana, respectivamente. 68
- Figura 9 - Transpiração (T) (A) e fotossíntese líquida (FL) (B) em indivíduos de *Miconia albicans* em vereda e cerrado *stricto sensu*, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em setembro de 2012. Barras superior, inferior e central representam valor máximo, mínimo e mediana, respectivamente. 69
- Figura 10 - Atividade da nitrato redutase (ANR) (A), teor de clorofila a (Ca) (B), clorofila b (Cb) (C) clorofila total (Ct) (D) e carotenóides (C) (E) em indivíduos de *Miconia albicans* em vereda e cerrado *stricto sensu*, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em setembro de 2012. Barras superior, inferior e central representam valor máximo, mínimo e mediana, respectivamente. 70
- Figura 11 - Atividade da superóxido dismutase (SOD) (A), peroxidase (POD) (B), catalase (CAT) (C) e peroxidação lipídica (PL) (D) em indivíduos de *Miconia fallax* em vereda e cerrado *stricto sensu*, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em setembro de 2012. Barras superior, inferior e central representam valor máximo, mínimo e mediana, respectivamente. 71
- Figura 12 - Transpiração (T) (A) e fotossíntese líquida (FL) (B) em indivíduos de *Miconia fallax* em vereda e cerrado *stricto sensu*, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em setembro de 2012. Barras superior, inferior e central representam valor máximo, mínimo e mediana, respectivamente. 72

Figura 13 - Atividade da nitrato redutase (ANR) (A), teor de clorofila a (Ca) (B), clorofila b (Cb) (C) clorofila total (Ct) (D) e carotenóides (C) (E) em indivíduos de *Miconia fallax* em vereda e cerrado *stricto sensu*, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em setembro de 2012. Barras superior, inferior e central representam valor máximo, mínimo e mediana, respectivamente. 73

Figura 14 - Temperatura do ar (A), umidade do ar (B) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA) (C) em vereda e cerrado *stricto sensu*, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em setembro de 2012. Barras superior, inferior e central representam valor máximo, mínimo e mediana, respectivamente. 74

Figura 15 - Valores de pH (A), teor de alumínio (Al) (B) e teor de água (C) no solo nos diferentes ambientes no momento da coleta em setembro de 2012. Uberlândia-MG 2012. Barras superior, inferior e central representam valor máximo, mínimo e mediana, respectivamente. 75

Figura 16 - Teor de alumínio foliar em *Miconia albicans* (A) e *Miconia fallax* (B) em ambiente de vereda e cerrado *stricto sensu* no momento da coleta em setembro de 2012. Uberlândia-MG 2012. Barras superior, inferior e central representam valor máximo, mínimo e mediana, respectivamente. 76

CAPITULO IV

Figura 1A - Frequência relativa de germinação de sementes de *Microlicia fasciculata* em função do tempo, coletas realizadas em plantas de vereda da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG..... 97

Figura 1B - Frequência relativa de germinação de sementes de *Microlicia fasciculata* em função do tempo, coletas realizadas em plantas de vereda da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG..... 98

Figura 2 - Frequência relativa de germinação de sementes de *Microlicia fasciculata* em função do tempo e sob o efeito de doses de alumínio. Coletas realizadas em plantas de vereda da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG.....100

Figura 3 - Atividade da superóxido dismutase (SOD) (A), peroxidase (POD) (B), catalase (CAT) (C) e peroxidação lipídica (PL) (D) em indivíduos de *Microlicia fasciculata* ocorrentes em vereda, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em abril de 2012.....101

Figura 4 - Atividade da nitrato redutase (ANR) (A), peroxidase (POD) (B), catalase (CAT) (C), superóxido dismutase (SOD) (D) e peroxidação lipídica (PL) (E) em indivíduos de *Microlicia fasciculata* em vereda, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em junho de 2012.....102

Figura 5 - Atividade da nitrato redutase (ANR) (A), peroxidase (POD) (B), catalase (CAT) (C), superóxido dismutase (SOD) (D) e peroxidação lipídica (PL) (E) em indivíduos de *Microlicia fasciculata* em vereda e cerrado *stricto sensu*, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em setembro de 2012.....104

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1 - Medidas de germinação (média \pm desvio padrão) de sementes de *Miconia albicans* oriundas de seis indivíduos, coletadas em cerrado *stricto sensu* e borda de vereda da Estação Ecológica do Panga, MG..... 13

Tabela 2 - Coeficientes de correlação linear de Pearson (r), calculados com base nos resíduos das medidas de germinação de sementes de *Miconia albicans* oriundas de seis indivíduos e coletadas em vereda e cerrado na Estação Ecológica do Panga, MG. 17

Tabela 3 - Partição da variância, em porcentagem, para o efeito de local (σ_L^2), indivíduos aninhados em local [$\sigma_I^2 (\sigma_L^2)$] e para o resíduo experimental (σ^2) das medidas de germinação de sementes de *Miconia albicans* coletadas na Estação Ecológica do Panga, MG. 17

Tabela 4 - Medidas de germinação (média \pm desvio padrão) de sementes de *Miconia fallax* oriundas de seis indivíduos e coletadas em cerrado *stricto sensu* e vereda da Estação Ecológica do Panga, MG..... 20

Tabela 5 - Coeficientes de correlação linear de Pearson (r), calculados com base nos resíduos das medidas de germinação de sementes de *Miconia fallax* oriundas de seis indivíduos e coletadas no cerrado *stricto sensu* e em vereda da Estação Ecológica do Panga, Minas Gerais, Brasil. 23

Tabela 6 - Partição da variância, em porcentagem, para o efeito de local (σ_L^2), indivíduos aninhados em local [$\sigma_I^2 (\sigma_L^2)$] e para o resíduo experimental (σ^2) das medidas de germinação de sementes de *Miconia fallax* coletadas na Estação Ecológica do Panga, MG. . 23

CAPÍTULO II

Tabela 1 - Medidas de germinação (média \pm desvio padrão) de sementes de *Miconia albicans* submetidas a doses de alumínio, coletadas em cerrado *stricto sensu* e vereda da Estação Ecológica do Panga, MG..... 38

Tabela 2 - Medidas de germinação (média \pm desvio padrão) de sementes de *Miconia fallax* submetidas a doses de alumínio, coletadas em cerrado *stricto sensu* e vereda da Estação Ecológica do Panga, MG..... 42

CAPÍTULO IV

Tabela 1 - Medidas de germinação (média \pm desvio padrão) de sementes de *Microlicia fasciculata* oriundas de 25 indivíduos e coletadas em vereda da Estação Ecológica do Panga, MG. 95

Tabela 2 - Medidas de germinação (média \pm desvio padrão) de sementes de *Microlicia fasciculata* submetidas a doses de alumínio, coletadas em vereda da Estação Ecológica do Panga, MG..... 98

RESUMO GERAL

As Melastomataceae constituem uma das principais famílias do Cerrado, tendo representantes dentro de diversas fitofisionomias do bioma. Uma das características das espécies desta família é a acumulação de alumínio. Este trabalho foi dividido em quatro capítulos, sendo que o primeiro teve por objetivos avaliar a variabilidade intraespecífica de *Miconia albicans* e *M. fallax* quanto à germinação; o segundo visou compreender o papel do alumínio na germinação de sementes dessas espécies; o terceiro visou avaliar a bioquímica e a fisiologia das plantas em seu ambiente natural, com o objetivo de buscar respostas para o fato dessas plantas ocorrerem em ambientes distintos como o cerrado *stricto sensu* e áreas de entorno de vereda (transição cerrado-vereda). Por fim, realizou-se o estudo da variabilidade intraespecífica da germinação de sementes de *Microlicia fasciculata*, além da avaliação do efeito do alumínio na germinação e das características bioquímicas e fisiológicas da espécie em seu ambiente natural.

INTRODUÇÃO GERAL

O Cerrado apresenta grande riqueza de fauna e flora e estas características, aliadas ao alto endemismo, fizeram com que este bioma se tornasse um “hotspot” (Machado *et al.* 2004, Alho 2005). No Triângulo Mineiro, onde está situada a Estação Ecológica do Panga, existem poucos remanescentes de Cerrado e poucas unidades de proteção integral, fazendo com que a região se torne crítica em termos de conservação (Drummond *et al.* 2005).

Na Estação Ecológica do Panga é possível encontrar diversos tipos fitofisionômicos do Cerrado do Brasil Central, como matas xeromórficas, representadas pelo cerradão, e matas mesófilas como as de galeria e de encosta; tipos savânicos onde se incluem o cerrado *stricto sensu*, o campo cerrado e o campo sujo e ainda os tipos campestres como campos úmidos e veredas (Schiavini & Araújo 1989).

As famílias mais representativas na região do cerrado são Asteraceae, Euphorbiaceae, Lythraceae, Malpighiaceae, Melastomataceae, Myrtaceae, Orchidaceae, Poaceae e Rubiaceae (Mendonça *et al.* 1998; Walter 2006). As Melastomataceae ocupam lugares diversificados e distintos dentro do bioma, como vereda e cerrado *stricto sensu* (Romero 1996; Araújo *et al.* 2002), fato que pode estar relacionado à diversidade de espécies, que apresentam hábitos variados como as herbáceas, arbustos, árvores e, mais raramente, trepadeiras e epífitas (Oliveira *et al.* 2007).

As veredas são comunidades vegetais que apresentam solo hidromórfico e se caracterizam pela presença da palmeira *Mauritia flexuosa* L. f. (buriti) que ocorre, em geral, na parte mais alagada (Eiten 1983, 1994; Ferreira 2008). A maior parte das veredas é ocupada por vegetação herbácea e pelo estrato arbustivo e subarbustivo onde são encontradas espécies de Melastomataceae e Rubiaceae (Carvalho 1991; Araújo *et al.* 2002).

A área coberta por cerrado *stricto sensu* geralmente apresenta solo profundo e bem drenado (Haridasan 1992) onde ocorrem árvores baixas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas, além de arbustos e subarbustos espalhados ao longo da comunidade vegetal (Ribeiro & Walter 1998).

Apesar das diferenças existentes entre estas duas fitofisionomias, é possível encontrar algumas espécies comuns, como por exemplo, *Miconia fallax* DC. e *Miconia albicans* (Sw.) Triana (Romero 1996; Araújo *et al.* 2002). Isto leva a alguns questionamentos, como por exemplo, quais características permitem a estas espécies sobreviverem nestes ambientes diversos? Estudos neste sentido ainda não foram abordados, mas alguns trabalhos realizados por Haridasan (1987, 2006) mostraram que estas duas espécies se estabelecem em locais com

elevadas concentrações de alumínio, característica que também carece de respostas, pois qual seria o papel deste elemento nas plantas? Será que este elemento influencia a germinação de sementes de espécies de Melastomataceae?

Outra questão relevante é que o conhecimento dos processos germinativos de espécies da família Melastomataceae poderá auxiliar no melhor entendimento da variabilidade intraespecífica que permite o estabelecimento das espécies no ambiente. As espécies florestais, ao contrário das grandes culturas, apresentam grande variabilidade genética, o que leva à maior diversidade morfofisiológica entre os indivíduos de uma mesma espécie (Wielewicki *et al.* 2006).

Tendo em vista a boa representatividade da família na Estação Ecológica do Panga, este estudo teve por objetivos avaliar a variabilidade intraespecífica da germinação de sementes de espécies de Melastomataceae, o efeito do alumínio na germinação das sementes, além das características bioquímicas e fisiológicas de plantas desta família, ocorrentes em cerrado *stricto sensu* e no entorno de uma vereda (região de transição cerrado-vereda).

Referências bibliográficas

Alho, C.J.R. 2005. Desafios para a conservação de Cerrado, em face das atuais tendências de uso e ocupação. Pp. 367-381. In: Scarlot, A.; Silva, J.C.S. & Felfili J.M. (orgs.). **Cerrado: biologia, biodiversidade e conservação**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente.

Araújo, G.M.; Barbosa, A.A.A.; Arantes, A.A. & Amaral, A.F. 2002. Composição florística de veredas no município de Uberlândia, MG. **Revista Brasileira de Botânica** 25: 475-49.

Carvalho, P.G.S. 1991. As veredas e sua importância no domínio dos cerrados. **Informe Agropecuário** 168: 47-54.

Drummond, G.M.; Martins, C.S.; Machado, A.B.M.; Sebaio, F.A. & Antonini, Y. 2005. **Biodiversidade em Minas Gerais**. Belo Horizonte, Fundação Biodiversitas.

Eiten, G. 1983. **Classificação da vegetação do Brasil**. Brasília, CNPq.

Eiten, G. 1994. Vegetação. Pp. 17-73. In: Pinto, M.N. (org.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília, Editora da Universidade de Brasília.

Ferreira, I.M. 2008. Cerrado: classificação geomorfológica da vereda. Pp. 110-116. In: Simpósio Nacional do Cerrado. (orgs.). **Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócios e recursos naturais**. Planaltina, Embrapa Cerrados.

Haridasan, M. 1987. Performance of *Miconia albicans* (SW.) Triana, an aluminium accumulating species in acidic and calcareous soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis** 19: 1091-1103.

Haridasan, M. 1992. Observations on soils, foliar nutrient concentration and floristic composition of cerrado sensu stricto and cerradão communities in central Brazil. Pp. 171-184. In: P.A. Furley; J. Proctor & J.A. Ratter (eds.). **Nature and Dynamics of Forest-Savanna Boundaries**. London, Chapman & Hall Publishing.

Haridasan, M. 2006. Alumínio é um elemento tóxico para as plantas nativas do cerrado? In C. H. B. A. Prado, e C. A. Casali. **Fisiologia Vegetal: práticas em relações hídricas, fotossíntese e nutrição mineral**. Manole, Barueri, BR. 466 p.

Machado, R.B.; Ramos Neto. M.B.; Harris, M.B.; Lourival, R. & Aguiar, L.M.S. 2004. Análise de lacunas de proteção da biodiversidade no Cerrado. Pp. 29-38. In: **Anais IV Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação**. Curitiba, Fundação O Boticário de Proteção à Natureza.

Mendonça, R.; Felfili, J.; Walter, B.; Silva Jr., J.C.; Rezende, A.; Filgueiras, T. & Nogueira, P. 1998. Flora vascular do Cerrado. Pp. 288-556. In: Sano, S. & Almeida, S. (eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Cerrados.

Oliveira, J.B.; Martins, I.D.S.L.; Chagas, M.G.S. & Pimentel, R.M.M. 2007. Anatomia foliar de *Miconia minutiflora* (DC.) Naudin - Melastomataceae. **Revista Brasileira de Biociências** 5: 723-725.

Ribeiro, J.F. & Walter, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: S. Sano & S. Almeida (eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Cerrados.

Romero, R. 1996. A família Melastomataceae na Estação Ecológica do Panga, Município de Uberlândia, MG. **Hoehnea** **23**: 147-168.

Schiavini, I. & Araújo, G.M. 1989. Considerações sobre a vegetação da Reserva Ecológica do Panga (Uberlândia-MG). **Revista Sociedade e Natureza** **1**: 61-66.

Walter, B.H. 2006. **Fitofisionomias do bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas**. Tese de Doutorado em Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília.

Wielewick, A.P.; Leonhardt, G.S. & Souza, A.C. 2006. Proposta de padrões de germinação e teor de água para sementes de algumas espécies florestais presentes na região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes** **28**: 191-197.

CAPÍTULO I

Variabilidade intraespecífica e efeito da fitofisionomia na germinação de sementes de duas espécies de Melastomataceae de Cerrado

RESUMO

Estudos relacionados à germinação de sementes de espécies nativas do Cerrado têm assumido papel importante devido à preocupação crescente com a fragmentação deste bioma. Uma das consequências da fragmentação é o ressecamento das veredas que estão sendo ocupadas por espécies do cerrado, o que torna o entorno dessas veredas um ambiente de transição propício à nova ocupação. Desta forma, estudos de germinação das sementes das espécies que estão participando desta ocupação passam a ser relevantes, pois contribuem para projetos de restauração e conservação do ecossistema. Com este foco, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a variabilidade intraespecífica da germinação de sementes de duas espécies de Melastomataceae, coletadas no entorno de uma das veredas da Estação Ecológica do Panga, localizada no Bioma Cerrado do Brasil Central e no cerrado *stricto sensu* contíguo à vereda. Para isto, foram coletadas sementes no mês de dezembro de 2011. Dois experimentos foram realizados em delineamento inteiramente casualizado, sendo utilizadas sementes de tamanho médio de seis indivíduos de *Miconia albicans* e *M. fallax*. Os testes foram realizados em câmara de germinação tipo B.O.D., sendo a coleta dos dados realizada a cada 24 horas, observando-se a protrusão do embrião. Registrou-se variabilidade intraespecífica para as duas espécies estudadas. As sementes de *M. albicans* coletadas no entorno da vereda (transição cerrado-vereda) apresentaram variabilidade intraespecífica para maior número de características, quando comparadas com as de cerrado *stricto sensu*, mas nos dois ambientes de coleta foi observada baixa porcentagem de germinação, sendo encontrados valores entre 0 e 26% para o entorno da vereda e entre 0 e 33% para o cerrado. Por outro lado, as sementes de *M. fallax* apresentaram variabilidade intraespecífica para maior número de características nas sementes oriundas de cerrado (germinação de 21,5 a 84,5% e \bar{t} entre 11 e 14,5 dias). A partição da variância realizada pela análise hierárquica mostrou que as medidas de germinação das sementes de *M. albicans* e *M. fallax* não estão sendo afetadas pelo local de coleta, sendo a maior parte delas afetada pelo resíduo experimental. Para ambas as espécies a maior porcentagem de variação da germinabilidade foi atribuída às diferenças entre os indivíduos estudados. Isto mostra que a ocupação da área ressecada da vereda é relativamente recente e, portanto, as espécies estão mantendo o mesmo padrão de germinação em ambos os locais.

Palavras chave: Medidas de germinação; *Miconia albicans*; *Miconia fallax*; transição cerrado-vereda; cerrado *stricto sensu*.

Intraspecific variability in seeds of Melastomataceae species with regard to germination

ABSTRACT

Studies related to the germination of native species from Cerrado have assumed an important role due to the concern about the fragmentation of this biome. One consequence of fragmentation is the dryness of palm swamps that are being occupied by cerrado species, which makes the surrounding environment available for the transition to a new occupation. Thus, studies of seed germination in species that are participating in the occupation, become relevant because they contribute to restoration projects and conservation of the ecosystem. With this focus, the present study aimed to assess the intraspecific variability of seed germination of two species of Melastomataceae, collected in the cerrado-palm swamp transition and cerrado *stricto sensu* in Central Brazil. For this, seeds were collected in the Panga Ecological Station, located in the town of Uberlândia, Minas Gerais, in December 2011. Two experiments were conducted in a completely randomized design, with seeds of six *Miconia albicans* and *M. fallax* individuals. Tests were performed in a biochemical oxygen demand (B.O.D.) type germination chamber, and data collection was conducted every 24 hours, observing the protrusion of the embryo. The seeds of *M. albicans* collected in the cerrado-palm swamp transition showed intraspecific variability for a greater number of features, when compared to those from cerrado *stricto sensu*, but in both collection environments a low germination percentage was observed, and values between 0% and 26% were found for the cerrado-palm swamp transition and between 0% and 33% for cerrado *stricto sensu*. On the other hand, the seeds of *M. fallax* showed intraspecific variability for a greater number of features in seeds from cerrado *stricto sensu* (germination from 21.5% to 84.5% and \bar{t} between 11 and 14.5 days). The variance partition, obtained through hierarchical analysis, showed that the seed germination values of *M. albicans* and *M. fallax* are not affected by the collection site, and most of them are affected by the experimental waste. For both species, the highest percentage of germinability variation was attributed to differences between the individuals under study. This shows that the occupation of the dried

area of the palm swamp is relatively recent and, therefore the species are maintaining the same standard of germination in both places.

Key words: Germination measurements; *Miconia albicans*; *Miconia fallax*; cerrado-palm swamp transition; *stricto sensu* cerrado.

1 Introdução

A compreensão da biologia das espécies nativas do Cerrado é relevante, pois contribui para a execução de projetos de conservação, recuperação e revegetação de ecossistemas. Frente a isto, diversos estudos têm sido desenvolvidos em busca de informações sobre a reprodução de espécies vegetais, processos de sucessão, estabelecimento de plântulas e regeneração natural (Andrade *et al.* 2002).

O bioma Cerrado possui grande diversidade de espécies vegetais, tendo a família Melastomataceae como um importante representante (Mendonça *et al.* 1998; Walter 2006). A biologia das espécies desta família vem sendo amplamente estudada, principalmente com relação à embriologia (Groenendijk *et al.* 2006, Cortez *et al.* 2008), dormência de sementes (Mendes-Rodrigues *et al.* 2010, Silveira *et al.* 2012), biologia reprodutiva (Santos *et al.* 2012), ecofisiologia evolutiva de sementes (Silveira 2011), relação entre época de coleta e germinação de sementes (Simão *et al.* 2007) e efeito da temperatura e da luz na germinação (Godoi & Takaki 2007; Simão & Takaki 2008).

Vários estudos têm abordado a importância da variabilidade intraespecífica em diversas famílias como em Anacardiaceae (Berger 2007; Ferreira 2007; Dorneles 2010), Fabaceae, Meliaceae, Bombacaceae (Ferreira 2007; Dorneles 2010), Apocynaceae, Lecytidaceae, Malvaceae, Rubiaceae e Sapotaceae (Dorneles 2010). No entanto, raros são os estudos abordando esta questão para espécies de Melastomataceae (eg. Mendes-Rodrigues *et al.* 2010), mesmo sabendo-se que as espécies desta família ocupam ampla variedade de biomas e fitofisionomias, diferenciados quanto às condições edafoclimáticas. Isto pode ser consequência da ampla variabilidade genética, levando à ocorrência de diferentes morfofisiologias (Wielewick 2006) ou a elevados níveis de adaptação e plasticidade.

Mesmo diante do conhecimento sobre a grande variabilidade genética de espécies florestais (Kageyama *et al.* 2003; Botrel & Carvalho, 2004), a maior parte dos trabalhos de germinação é desenvolvida a partir da mistura de sementes oriundas de diferentes indivíduos de uma mesma espécie, muitas vezes justificáveis pela necessidade de padronização de regras

para análise de sementes. Esta técnica, quando não utilizada corretamente, ou sem o conhecimento da variabilidade presente na espécie, pode subestimar ou superestimar as medidas do processo de germinação, especialmente no caso de espécies nativas que apresentam variabilidade intraespecífica maior do que espécies das grandes culturas (Berger 2007; Ferreira 2007), com híbridos relativamente puros (Bonner 1998).

Frente a isto, este estudo buscou avaliar a variabilidade intraespecífica e o efeito do local de coleta na germinação de sementes de *Miconia albicans* (Sw.) Triana e *M. fallax* DC. Ambas ocorrem no cerrado *stricto sensu* e no entorno de vereda, local de transição entre as duas fitofisionomias, ambas localizadas na Estação Ecológica do Panga, Minas Gerais. As duas espécies são descritas como apomíticas por Goldengerg & Sheperd (1998) e a presença de poliembrionia nas populações estudadas reforça a presença de apomixia (Mendes-Rodrigues & Oliveira 2012). Isto que pode proporcionar uma oportunidade de avaliar o efeito do local de coleta dos indivíduos, já que teoricamente as duas espécies podem apresentar níveis de diversidade genética menores, quando comparados a espécies sexuadas.

2 Material e Métodos

2.1 Locais e período de coleta

A coleta de sementes de *Miconia albicans* e *M. fallax* foi realizada no mês de dezembro de 2011, em cerrado *stricto sensu* e na transição cerrado-vereda, localizada no entorno da vereda. Neste local ainda estão presentes as gramíneas típicas do ambiente mais úmido, associadas a espécies do cerrado em decorrência do ressecamento do solo. As áreas de coleta estão localizadas na Estação Ecológica do Panga, localizada ao sul do município de Uberlândia, Minas Gerais (19° 09' 20" S e 48° 24' 35" OW). A Estação do Panga possui área de 409,5 ha e pertence à Universidade Federal de Uberlândia desde 1986, constituindo uma unidade de conservação na categoria de Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN (Schiavini & Araújo 1989). Trata-se de uma área com boa representatividade das fitofisionomias do bioma Cerrado do Brasil Central, podendo ser encontrados diversos tipos florestais e savânicos (Cardoso & Schiavini 2002).

2.2 Descrição das espécies estudadas

Miconia albicans apresenta hábito arbustivo, com até 2,5 metros de altura (Carreira & Zaidan 2003); flores com pétalas brancas, agrupando-se em inflorescências, e a frutificação ocorre entre os meses de novembro a março; os frutos apresentam coloração vermelha quando

jovens e verde-jade quando maduros, sendo característica do Cerrado, mas podendo ser encontrada em campos rupestres, cerrado rupestre e mata ciliar (Silva & Romero 2008).

Miconia fallax também tem porte arbustivo (0,8 a 1,5 m de altura) e pode ocorrer em campos rupestres e cerrado *stricto sensu* (Silva & Romero 2008). A espécie apresenta flores pentâmeras e hipanto com cerca 3 mm; frutos de coloração púrpura e enegrecidos quando maduros. A floração da espécie ocorre entre os meses de julho a dezembro e a frutificação de julho a março (Romero 1996). No Cerrado, esta espécie pode ser encontrada em borda de mata, campos rupestres, cerrado e campo sujo (Goldenberg, 2010).

2.3 Delineamento experimental e instalação dos experimentos

Foram instalados dois experimentos, sendo adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado para ambos. Os experimentos foram conduzidos com sementes oriundas de seis indivíduos de cada espécie para cada ambiente de coleta (cerrado *stricto sensu* e entorno da vereda), com quatro repetições de 25 sementes cada. Após a coleta as sementes foram lavadas com água destilada, secas em papel toalha por cerca de 30 minutos, semeadas sobre papel de filtro e mantidas em câmaras úmidas (câmaras de Emanuelli; Araújo & Ranal 2005), contendo 30 mL de água destilada. Nos frutos de ambas as espécies foram encontradas sementes de tamanho grande, médio e pequeno, sendo utilizadas as médias, por sua predominância.

Os experimentos foram mantidos em incubadora tipo B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand), à temperatura de 25 °C e fotoperíodo de 12 horas. As avaliações de germinação foram diárias, no mesmo horário da implantação de cada experimento, adotando-se como critério de germinação a protrusão de qualquer parte do embrião. As sementes germinaram até 15 dias após a semeadura, mas as observações prosseguiram por mais 15 dias, totalizando 30 dias de observações.

2.4 Características avaliadas

A porcentagem de germinação; os tempos inicial, final e tempo médio (Labouriau 1983); a velocidade média (Labouriau 1970); o coeficiente de variação do tempo (Ranal & Santana 2006); a incerteza (Labouriau & Valadares 1976) e a sincronia do processo de germinação (Ranal & Santana 2006) foram avaliadas. Detalhes das medidas e de seus cálculos podem ser consultados em Ranal & Santana (2006) e Ranal *et al.* (2009).

2.5 Análise estatística dos dados

Como a coleta das sementes foi feita em dois ambientes, a partir de vários indivíduos, o esquema experimental foi do tipo fatorial incompleto, sendo os dados de germinação analisados por meio do nested ou análise hierárquica, utilizando-se o programa SISVAR (Ferreira 2000). A normalidade dos resíduos da ANOVA e a homogeneidade entre as variâncias foram testadas para todas as variáveis, a partir dos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente, utilizando-se o programa R. Quando as duas pressuposições foram atendidas, foi realizada ANOVA seguida do teste de Tukey, ambos a 0,05 de significância. Para as variáveis que, mesmo transformadas não atenderam as pressuposições de normalidade e homogeneidade, a mesma análise foi realizada, interpretando-se os resultados com restrições, uma vez que dentro da estatística não paramétrica não há teste para avaliar experimentos com mais de um fator.

O processo de germinação das sementes também foi modelado segundo uma estrutura hierárquica, de acordo com Neter *et al.* (1985), para quantificar os componentes de variância relacionados com o efeito do local (σ^2_A), indivíduos aninhados dentro de local [σ^2_I / A] e o componente residual (σ^2).

Também foram realizadas correlações lineares simples (correlação de Pearson), visando buscar alguma associação entre as medidas de germinação. Para esta análise, foram utilizados os resíduos para padronizar o efeito dos tratamentos (Ranal & Santana 2006) e os valores de r testados pelo teste t de “Student” a 0,01 de significância. Os atributos da magnitude das correlações foram atribuídos segundo a designação estabelecida por Davis (1971), em que os valores de r entre 0,01 e 0,09 são relativos a correlações desprezíveis; r entre 0,10 e 0,29 baixas; r entre 0,30 e 0,49 moderadas; r entre 0,50 e 0,69 substanciais; r entre 0,70 e 0,99 muito altas e $r=1,0$ é a correlação perfeita.

3 Resultados

Os resultados obtidos mostraram que há variabilidade intraespecífica no processo de germinação das sementes das duas espécies estudadas, tendo sido observadas diversas correlações significativas entre as medidas de germinação (Tabelas 1 a 6).

As sementes de *Miconia albicans* apresentaram variabilidade intraespecífica para maior número de características, quando produzidas na transição cerrado-vereda, sendo constatadas diferenças para todas as medidas de germinação, exceto para o coeficiente de variação do tempo (Tabela 1). As sementes oriundas do cerrado *stricto sensu* apresentaram variabilidade somente quanto à germinabilidade, tempo final e incerteza da germinação.

O processo de germinação das sementes desta espécie, coletadas nos dois ambientes, mostrou diferenças significativas apenas quanto ao tempo final e sincronia (Tabela 1). Sementes oriundas do cerrado finalizaram o processo de germinação em maior tempo (17,92 dias) e com menor sincronia (0,09). Comparando-se ainda as médias gerais dos dois ambientes, o processo de germinação das sementes da espécie pode ser classificado como de baixa germinabilidade (abaixo de 13%), homogêneo quanto à distribuição no tempo (valores médios de CV_t abaixo de 13%), processando-se com baixa velocidade (valores médios abaixo de $0,075 \text{ dia}^{-1}$) e assincronia (vide valores de I e Z na Tabela 1).

As sementes coletadas no cerrado apresentaram maior germinabilidade quando oriundas do indivíduo 1 (33%) e valores nulos para as sementes dos indivíduos 2, 5 e 6. As sementes do indivíduo 1 também apresentaram maior incerteza de germinação (2,30 bits), indicando que houve baixa frequência de germinação em um mesmo intervalo de tempo. Isto é confirmado pela análise da frequência relativa de germinação ao longo do tempo (Figura 1).

As sementes coletadas na transição cerrado-vereda apresentaram a menor germinabilidade quando oriundas do indivíduo 10 (0%) e a maior para as do indivíduo 12 (26%), sendo estas caracterizadas por apresentarem maior amplitude de variação entre a primeira e a última semente germinada (7,75 dias) e maior incerteza de germinação (2,11 bits), o que também pode ser evidenciado na Figura 1.

Tabela 1 - Medidas de germinação (média \pm desvio padrão) de sementes de *Miconia albicans* oriundas de seis indivíduos, coletadas em cerrado *stricto sensu* e no entorno da vereda (transição cerrado-vereda) da Estação Ecológica do Panga, MG.

Local	Indivíduo	G (%)	Média	t_o (dia)	Média	t_f (dia)	Média	\bar{t} (dia)	Média
Cerrado	1	33,0 \pm 22,7 a	8,67 \pm 15,1 A	13,25 \pm 2,5 a	13,58 \pm 2,1 A	20,50 \pm 0,6 b	17,92 \pm 3,2 B	16,41 \pm 2,3 a	15,53 \pm 2,22 A
	2	0,0 \pm 0,0 b		-		-		-	
	3	13,0 \pm 10,0 b		14,75 \pm 2,6 a		19,50 \pm 1,3 b		16,95 \pm 1,4 a	
	4	6,0 \pm 2,3 b		12,75 \pm 0,5 a		13,75 \pm 0,5 a		13,25 \pm 0,5 a	
	5	0,0 \pm 0,0 b		-		-		-	
	6	0,0 \pm 0,0 b		-		-		-	
Transição cerrado-vereda	7	8,0 \pm 0,0 c	13,33 \pm 10,3 A	13,50 \pm 3,7 ab	12,50 \pm 3,1 A	14,75 \pm 3,2 ab	16,30 \pm 3,5 A	14,12 \pm 3,4 ab	14,22 \pm 3,17 A
	8	19,0 \pm 11,0 ab		12,25 \pm 2,4 ab		18,25 \pm 2,2 bc		14,45 \pm 1,6 ab	
	9	8,0 \pm 0,0 c		15,75 \pm 0,5 b		17,50 \pm 1,3 bc		16,62 \pm 0,8 b	
	10	0,0 \pm 0,0 c		-		-		-	
	11	19,0 \pm 6,8 ab		9,25 \pm 2,5 a		11,50 \pm 1,9 a		10,23 \pm 2,1 a	
	12	26,0 \pm 5,2 a		11,75 \pm 2,9 ab		19,50 \pm 1,3 c		15,65 \pm 3,7 b	
<i>W</i> (P)		0,77(<0,01)		0,95 (0,16)		0,95 (0,13)		0,91 (0,011)	
¹ <i>F</i> (P)		3,87(<0,01)		0,64 (0,72)		0,85 (0,56)		0,51 (0,81)	
² <i>F</i> (P)		7,66 (<0,01)		2,93 (0,03)		14,74 (<0,01)		4,31 (<0,01)	
CV%		74,97		18,46		10,33		15,07	
Local	Indivíduo	CV _t (%)	Média	\bar{v} (dia ⁻¹)	Média	I (bit)	Média	¹ Z	Média
Cerrado	1	16,40 \pm 5,2 a	13,04 \pm 8,3 A	0,062 \pm 0,0 a	0,066 \pm 0,0 A	2,30 \pm 0,4 b	0,65 \pm 0,9 A	0,06 \pm 0,1 a	0,09 \pm 0,07 B
	2	-		-		-		-	
	3	17,38 \pm 10,5 a		0,059 \pm 0,1a		1,08 \pm 0,6 a		0,09 \pm 0,1 a	
	4	5,34 \pm 0,2 a		0,075 \pm 0,0 a		0,50 \pm 0,6 a		0,00 \pm 0,0 a	
	5	-		-		-		-	
	6	-		-		-		-	
Transição cerrado-vereda	7	7,28 \pm 5,6 a	12,20 \pm 8,3 A	0,075 \pm 0,0 ab	0,075 \pm 0,0 A	1,0 \pm 0,0 a	1,16 \pm 0,7 A	0,00 \pm 0,0 b	0,23 \pm 0,15 A
	8	18,61 \pm 10,4 a		0,069 \pm 0,1 b		1,54 \pm 0,7 ab		0,15 \pm 0,2 a	
	9	7,32 \pm 3,7 a		0,061 \pm 0,0 b		1,0 \pm 0,0 a		0,00 \pm 0,0 b	
	10	-		-		-		-	
	11	9,16 \pm 5,2 a		0,101 \pm 0,0 a		1,30 \pm 0,5 a		0,29 \pm 0,2 a	
	12	18,61 \pm 8,9 a		0,067 \pm 0,0 b		2,11 \pm 0,3 b		0,09 \pm 0,1 ab	
<i>W</i> (P)		0,95 (0,16)		0,91 (0,011)		0,94 (<0,07)		0,94 (0,06)	
¹ <i>F</i> (P)		0,55 (0,79)		0,74 (0,65)		0,77 (0,38)		2,22 (0,07)	
² <i>F</i> (P)		3,18 (0,02)		3,85 (<0,01)		7,84 (<0,01)		4,41 (<0,01)	
CV%		55,32		19,31		40,88		86,40	

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas entre locais e minúsculas entre indivíduos, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; *G*: germinabilidade; t_o : tempo para a primeira germinação; t_f : tempo para a última germinação; \bar{t} : tempo médio de germinação; *CVt*: coeficiente de variação do tempo; \bar{v} : velocidade média de germinação; *I*: incerteza; *Z*: sincronia; *W*: estatística do teste de Shapiro-Wilk; ¹*F*: estatística do teste de Levene; ²*F*: estatística da ANOVA, valores em negrito implicam em normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias a 0,01 de significância; *P*: probabilidade; ¹Dados transformados em raiz quadrada para análise estatística; valores originais incluídos na tabela. *G* não apresentou normalidade e homogeneidade; no entanto não foi utilizada a análise não paramétrica, pois esta não permite a análise do esquema fatorial. Para a variável *I* foi utilizado o teste de Bartlett para homogeneidade.

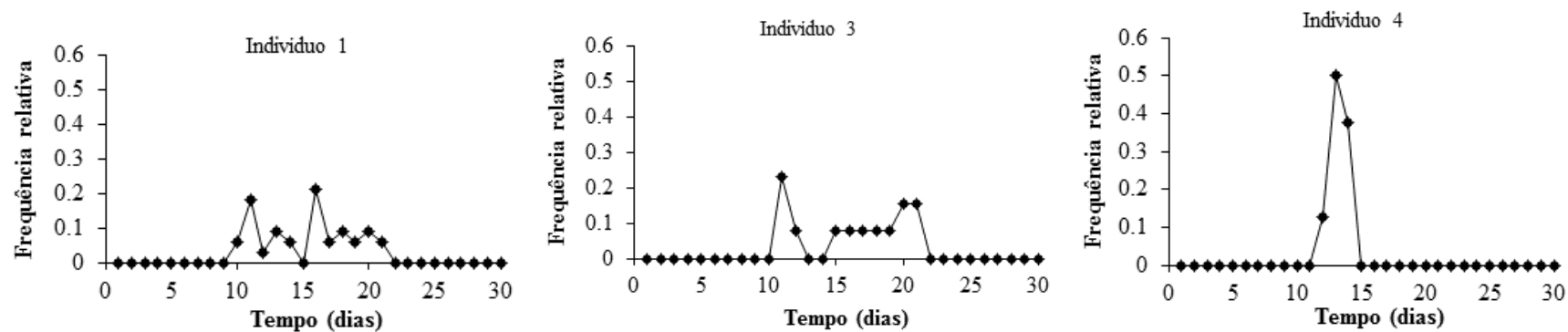


Figura 5 - Frequência relativa de germinação de sementes de *Miconia albicans* em função do tempo. Coletas realizadas em plantas do cerrado *stricto sensu* da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG.

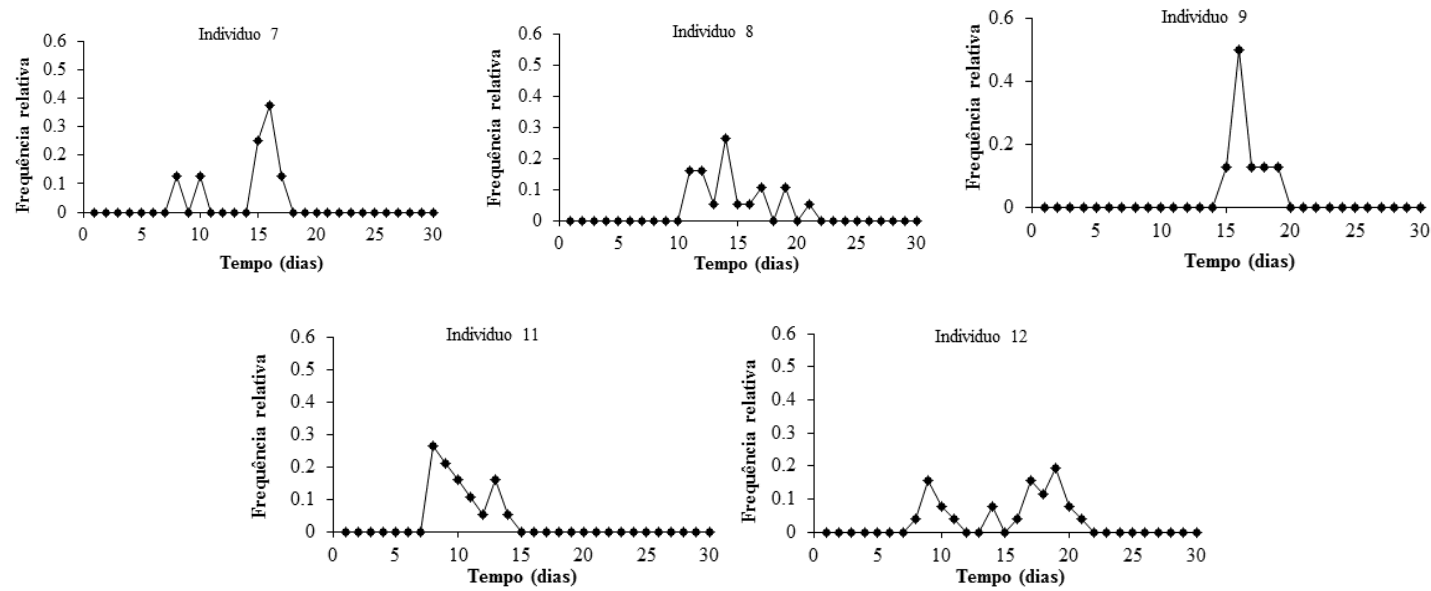


Figura 6 - Frequência relativa de germinação de sementes de *Miconia albicans* em função do tempo. Coletas realizadas em plantas do entorno da vereda (transição cerrado-vereda) da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG.

Para sementes de *Miconia albicans* as variáveis tempo inicial e final de germinação apresentaram correlação positiva significativa com o tempo médio e negativa com a velocidade média de germinação (Tabela 2). Existe uma explicação matemática para esta correlação, uma vez que o cálculo do tempo médio se dá com base na distribuição temporal da germinação, sendo então influenciado pelos extremos temporais de ocorrência do evento. O tempo médio também apresentou correlação significativa e negativa com a velocidade média de germinação, pois matematicamente estas duas medidas apresentam relação inversa, o que justifica a correlação negativa entre a velocidade média e as demais medidas de tempo (t_o e t_f).

A sincronia de germinação apresentou correlação negativa moderada com o tempo médio, demonstrando que a lentidão da germinação está associada ao espalhamento desta germinação, levando à assincronia do processo. Esta relação é ratificada pela correlação negativa substancial entre o CV_t e o tempo médio.

A partir dos dados da análise hierárquica para *Miconia albicans* foi possível observar que a maior proporção da variância total da germinabilidade (62,5%) e tempo final de germinação (77,4%) não está associada ao local de coleta, mas à variabilidade entre os indivíduos (Tabela 3). Para as demais medidas a maior variabilidade está associada ao resíduo experimental.

Tabela 2 - Coeficientes de correlação linear de Pearson (r), calculados com base nos resíduos das medidas de germinação de sementes de *Miconia albicans* oriundas de seis indivíduos e coletadas em cerrado e no entorno da vereda (transição cerrado-vereda) da Estação Ecológica do Panga, MG.

Indivíduo	t_o (dia)	t_f (dia)	\bar{t} (dia)	CV_t (%)	\bar{v} (dia ⁻¹)
t_f (dia)	0,4855*				
\bar{t} (dia)	0,9186*	0,6807*			
CV_t (%)	- 0,8457*	- 0,0633	- 0,6956*		
\bar{v} (dia ⁻¹)	- 0,8759*	- 0,7408*	- 0,9682*	0,6066*	
Z	- 0,2619	0,1424	- 0,3031*	0,4464	0,1943

*Significativo a 0,05 de probabilidade pelo teste t de “Student”; t_o : tempo para a primeira germinação; t_f : tempo para a última germinação; \bar{t} : tempo médio de germinação; CV_t : coeficiente de variação do tempo; \bar{v} : velocidade média de germinação; Z: sincronia; $r = 0,01-0,09$ correlação insignificante; $r = 0,10-0,29$ baixa, $r = 0,30-0,49$ moderada; $r = 0,50-0,69$ substancial; $r = 0,70-0,99$ muito alta e $r = 1,0$ correlação perfeita (Davis 1971).

Tabela 3 - Partição da variância, em porcentagem, para o efeito de local (σ_L^2), indivíduos aninhados em local [$\sigma_I^2 (\sigma_L^2)$] e para o resíduo experimental (σ^2) das medidas de germinação de sementes de *Miconia albicans* coletadas na Estação Ecológica do Panga, MG.

Fonte de variação	G (%)	t_o (dia)	t_f (dia)	\bar{t} (dia)	CV_t (%)	\bar{v} (dia ⁻¹)	Z
Local	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,85
Indivíduo (Local)	62,49	32,5	77,45	45,27	35,32	42,28	45,12
Resíduo	37,51	67,5	22,55	74,23	64,68	57,72	53,03

G : germinabilidade; t_o : tempo para a primeira germinação; t_f : tempo para a última germinação; \bar{t} : tempo médio de germinação; CV_t : coeficiente de variação do tempo; \bar{v} : velocidade média de germinação; Z: sincronia.

Variabilidade intraespecífica também foi constatada para as sementes em processo de germinação de *Miconia fallax* do cerrado *stricto sensu*, para a germinabilidade, tempo inicial, tempo médio, coeficiente de variação do tempo e velocidade média de germinação (Tabela 4).

As sementes coletadas neste ambiente apresentaram a maior germinabilidade de 84,5% e a menor de 21,5%, para os indivíduos 1 e 5, respectivamente. Sementes do indivíduo 5 apresentaram a menor velocidade ($0,07 \text{ dia}^{-1}$) e o maior tempo médio de germinação (14,5 dias). No entanto, apesar das sementes do indivíduo 5 terem apresentado o maior tempo médio, elas mostraram o menor coeficiente de variação do tempo (15,47%), indicando baixa dispersão da germinação ao redor do tempo médio. Os demais valores de CV_t se apresentaram entre 29,87 e 38,71%. A germinação das sementes de todos os indivíduos foi assíncrona ($0,15 \leq Z \leq 0,19$ e $2,24 \leq I \leq 2,67$ bits). Isto é confirmado pelas figuras referentes à frequência relativa de germinação ao longo do tempo (Figura 3).

Para as sementes coletadas no entorno da vereda (transição cerrado-vereda), menor número de características apresentou variabilidade intraespecífica, sendo esta constatada apenas para a germinabilidade e velocidade média de germinação (Tabela 4). O maior percentual de germinação foi observado para sementes do indivíduo 7 (93,5%) e a velocidade de germinação foi maior para as sementes dos indivíduos 9 e 12 ($0,10 \text{ dia}^{-1}$). As demais medidas não apresentaram variabilidade intraespecífica. A germinação das sementes foi tardia ($10,2 \leq \bar{t} \leq 12,0$ dias) e assíncrona ($0,15 \leq Z \leq 0,24$), como pode ser visualizado na Figura 4.

A análise de correlação entre as medidas de germinação mostrou correlação positiva substancial entre incerteza e germinabilidade (Tabela 5) e moderada entre coeficiente de variação do tempo e germinabilidade. Essas correlações mostram que o aumento do número de sementes germinadas proporciona espalhamento e redução da frequência de germinação no tempo, ocasionando a assincronia do processo. Isto é confirmado pela correlação negativa e moderada entre germinabilidade e sincronia; negativa e moderada entre tempo médio e sincronia e negativa substancial entre tempo final e sincronia.

O tempo médio de germinação apresentou correlação negativa muito alta com a velocidade média. Matematicamente a velocidade média é o inverso do tempo médio; portanto, a velocidade média cresce e decresce com o inverso do tempo médio. Ao correlacionar o tempo médio com o coeficiente de variação do tempo, observa-se correlação positiva moderada, pois o CV_t representa a variação da germinação em torno do tempo médio de germinação, sendo portanto, afetado por esta medida.

As medidas de sincronia e incerteza tiveram correlação negativa muito alta e ambas retratam a sincronia da germinação. O que difere entre elas é a interpretação que é inversa, ou

seja, quando Z se aproxima de zero e I se distancia deste valor, ambos indicam que houve baixa frequência de germinação em um mesmo intervalo de tempo.

Ao se comparar os dois ambientes a partir da análise hierárquica, observa-se que o fator local não influencia na variância das medidas de germinação (Tabela 6), sendo esta variação atribuída ao resíduo experimental para a maior parte das variáveis. As diferenças entre os locais e os indivíduos foram baixas, o que fez sobrepujar a interferência de fatores não controlados, agrupados no resíduo experimental.

Somente a germinabilidade e o tempo inicial de germinação apresentaram maior proporção da variância total atribuída à variabilidade dos indivíduos, com valores de 68,69 e 65,54%, respectivamente.

Tabela 4 - Medidas de germinação (média \pm desvio padrão) de sementes de *Miconia fallax* oriundas de seis indivíduos e coletadas em cerrado *stricto sensu* e no entorno da vereda (transição cerrado-vereda) da Estação Ecológica do Panga, MG.

Local	Indivíduo	¹ G (%)	Média	² t _o (dia)	Média	t _f (dia)	Média	² \bar{t} (dia)	Média
Cerrado	1	84,5 \pm 6,6 a	62,25 \pm 29,1 A	7,0 \pm 0,0 a	8,25 \pm 2,0 B	19,75 \pm 3,2 a	19,75 \pm 2,5 A	11,0 \pm 1,0 a	1,06 \pm 1,8 A
	2	83,5 \pm 9,1 a		7,0 \pm 0,0 a		19,75 \pm 3,2 a		11,2 \pm 0,8 a	
	3	72,5 \pm 5,7 a		7,5 \pm 0,5 a		20,00 \pm 3,4 a		11,5 \pm 1,1 a	
	4	83,5 \pm 12,3 a		7,7 \pm 0,5 a		20,00 \pm 2,8 a		11,2 \pm 1,0 a	
	5	21,5 \pm 5,0 b		7,5 \pm 1,8 b		18,50 \pm 1,3 a		14,5 \pm 0,7 b	
	6	28,0 \pm 18,8 b		7,2 \pm 1,7 a		20,50 \pm 1,7 a		12,2 \pm 2,8 ab	
Transição cerrado-vereda	7	93,5 \pm 6,6 a	67,25 \pm 23,1 A	7,0 \pm 0,0 a	7,46 \pm 0,9 A	17,75 \pm 3,3 a	19,33 \pm 3,3 A	10,5 \pm 0,8 a	1,04 \pm 1,1 A
	8	42,0 \pm 32,7 b		8,55 \pm 1,9 a		18,25 \pm 4,3 a		12,0 \pm 0,7 a	
	9	71,0 \pm 3,8 ab		7,0 \pm 0,0 a		21,00 \pm 1,2 a		10,2 \pm 0,7 a	
	10	58,0 \pm 22,3 b		7,7 \pm 0,5 a		21,50 \pm 0,6 a		12,0 \pm 0,3 a	
	11	72,0 \pm 7,1 ab		7,5 \pm 0,6 a		20,50 \pm 0,6 a		10,7 \pm 0,6 a	
	12	67,0 \pm 21,7 b		7,2 \pm 0,5 a		17,00 \pm 5,3 a		10,2 \pm 1,5 a	
W (P)		0,98 (0,76)		0,92 (0,002)		0,91 (0,001)		0,94 (0,03)	
¹F (P)		2,94 (0,03)		5,45 (0,001)		0,66 (0,65)		2,31 (0,06)	
²F (P)		9,69 (<0,00)		8,70 (<0,01)		0,92 (0,52)		3,61 (<0,01)	
CV%		18,76		4,89		15,14		4,22	
Local	Indivíduo	CV _t (%)	Média	\bar{v} (dia ⁻¹)	Média	I (bit)	Média	³ Z	Média
Cerrado	1	29,87 \pm 5,1 ab	29,24 \pm A	0,09 \pm 0,008 a	0,088 \pm 0,01 A	2,64 \pm 0,3 a	2,48 \pm 0,4 A	0,15 \pm 0,05 a	0,40 \pm 0,05 A
	2	38,71 \pm 8,9 b		0,10 \pm 0,007 a		2,53 \pm 0,3 a		0,15 \pm 0,01 a	
	3	30,98 \pm 7,4 ab		0,09 \pm 0,009 ab		2,67 \pm 0,2 a		0,15 \pm 0,03 a	
	4	29,87 \pm 9,2 ab		0,09 \pm 0,008 a		2,53 \pm 0,5 a		0,17 \pm 0,06 a	
	5	15,47 \pm 8,9 a		0,07 \pm 0,002 b		2,24 \pm 0,4 a		0,17 \pm 0,07 a	
	6	30,53 \pm 5,5 ab		0,08 \pm 0,016 ab		2,25 \pm 0,6 a		0,19 \pm 0,09 a	
Transição cerrado-vereda	7	26,15 \pm 6,8 a	31,37 \pm A	0,09 \pm 0,007 ab	0,093 \pm 0,01 A	2,76 \pm 0,3 a	2,43 \pm 0,5 A	0,15 \pm 0,05 a	0,42 \pm 0,09 A
	8	26,39 \pm 14,6 a		0,08 \pm 0,004 ab		2,31 \pm 1,1 a		0,20 \pm 0,20 a	
	9	34,19 \pm 8,2 a		0,10 \pm 0,006 ab		2,47 \pm 0,2 a		0,18 \pm 0,07 a	
	10	38,03 \pm 1,8 a		0,08 \pm 0,002 b		2,07 \pm 0,3 a		0,18 \pm 0,02 a	
	11	34,38 \pm 5,3 a		0,09 \pm 0,005 ab		2,73 \pm 0,3 a		0,18 \pm 0,04 a	
	12	29,04 \pm 16,7 a		0,10 \pm 0,015 a		2,23 \pm 0,5 a		0,24 \pm 0,09 a	
W (P)		0,96 (0,09)		0,93 (0,01)		0,95 (0,04)		0,95 (0,05)	
¹F (P)		1,03 (0,41)		2,80 (0,03)		0,98 (0,44)		0,29 (0,91)	
²F (P)		1,94 (0,07)		3,83 (<0,01)		0,98 (0,47)		0,40 (0,94)	
CV%		30,09		10,01		19,51		21,91	

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas entre locais e minúsculas entre indivíduos, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; G: germinabilidade; t_o: tempo para a primeira germinação; t_f: tempo para a última germinação; \bar{t} : tempo médio de germinação; CV_t: coeficiente de variação do tempo; \bar{v} : velocidade média de germinação; I: incerteza; Z: sincronia; W: estatística do teste de Shapiro-Wilk; ¹F: estatística do teste de Levene; valores em negrito indicam normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias a 0,01 de significância; ²F: estatística da ANOVA; P: probabilidade; ¹Dados transformados para arco seno para análise estatística; ²transformação logarítmica; ³transformação para raiz quadrada; dados apresentados na tabela representam os valores originais.

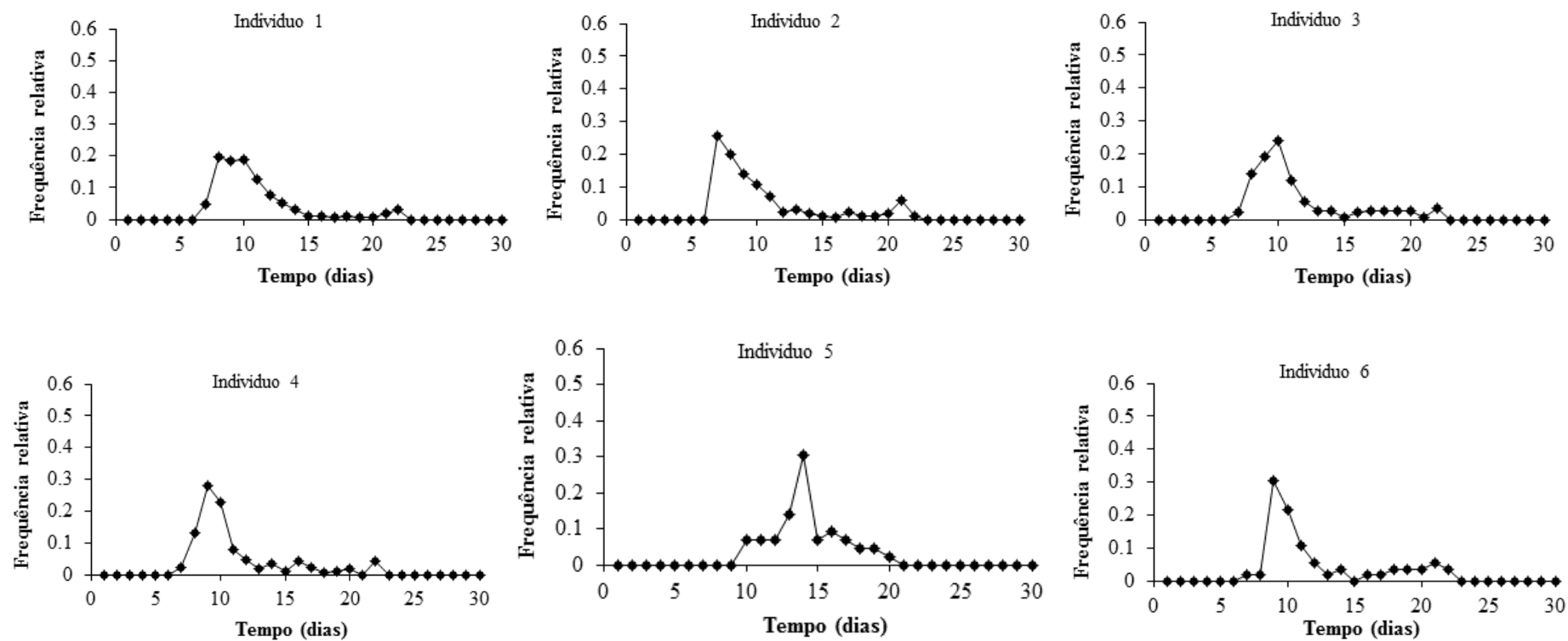


Figura 7 - Frequência relativa de germinação de sementes de *Miconia fallax* em função do tempo. Coletas realizadas em plantas do cerrado *stricto sensu* Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG.

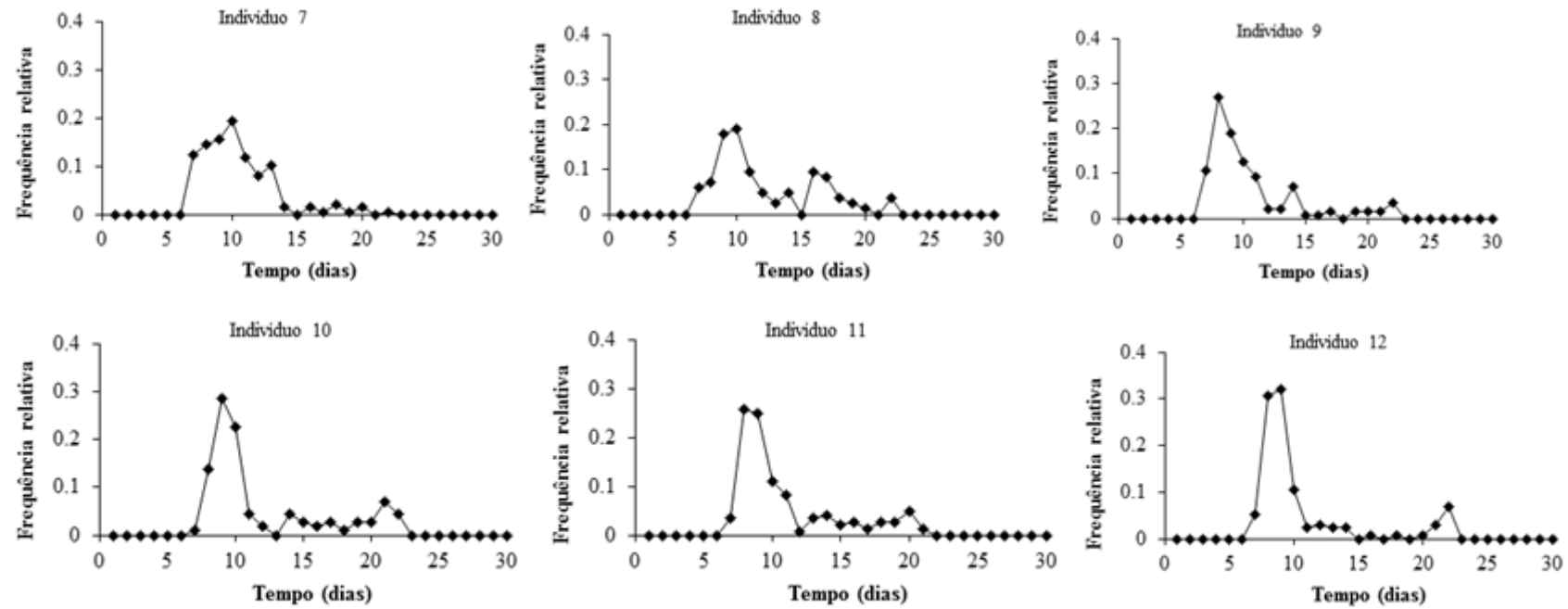


Figura 8 - Frequência relativa de germinação de sementes de *Miconia fallax* em função do tempo. Coletas realizadas em plantas no entorno da vereda (transição cerrado-vereda) da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG.

Tabela 5 - Coeficientes de correlação linear de Pearson (r), calculados com base nos resíduos das medidas de germinação de sementes de *Miconia fallax* oriundas de seis indivíduos e coletadas no cerrado *stricto sensu* e no entorno da vereda (transição cerrado-vereda) em vereda da Estação Ecológica do Panga, Minas Gerais, Brasil.

Indivíduo	G (%)	t_o (dia)	t_f (dia)	\bar{t} (dia)	CV_t (%)	\bar{v} (dia ⁻¹)	I (bit)
t_o (dia)	- 0,4802*						
t_f (dia)	0,5167*	- 0,2644					
\bar{t} (dia)	0,1412	0,3586*	0,5500*				
CV_t (%)	0,4657*	- 0,4000*	0,8255*	0,4046*			
\bar{v} (dia ⁻¹)	- 0,2159	- 0,2389	- 0,6730*	- 0,9650*	- 0,5664*		
I (bit)	0,5784*	- 0,4973*	0,4384*	0,3658	0,4301*	- 0,3870*	
Z	- 0,4320*	0,4277*	- 0,5197*	- 0,4669*	- 0,5271*	0,4835*	- 0,8951*

*Significativo a 0,05 de probabilidade pelo teste t de “Student”; G : germinabilidade; t_o : tempo para a primeira germinação; t_f : tempo para a última germinação; \bar{t} : tempo médio de germinação; CV_t : coeficiente de variação do tempo; \bar{v} : velocidade média de germinação; I : incerteza; Z : sincronia; $r = 0,01$ - $0,09$ correlação insignificante; $r = 0,10$ - $0,29$ baixa, $r = 0,30$ - $0,49$ moderada; $r = 0,50$ - $0,69$ substancial; $r = 0,70$ - $0,99$ muito alta e $r = 1,0$ correlação perfeita (Davis 1971).

Tabela 6 - Partição da variância, em porcentagem, para o efeito de local (σ_L^2), indivíduos aninhados em local [$\sigma_i^2 (\sigma_L^2)$] e para o resíduo experimental (σ^2) das medidas de germinação de sementes de *Miconia fallax* coletadas na Estação Ecológica do Panga, MG.

Fonte de variação	G (%)	t_o (dia)	t_f (dia)	\bar{t} (dia)	CV_t (%)	\bar{v} (dia ⁻¹)	I (bit)	Z
	(%)							
Local	0,00	0,00	0,00	1,41	0,00	0,00	0,00	2,98
Indivíduo (Local)	68,69	65,54	0,00	42,27	19,07	38,61	0,00	0,00
Resíduo	31,31	34,46	100,00	56,32	80,93	61,39	100,00	97,02

G : germinabilidade; t_o : tempo para a primeira germinação; t_f : tempo para a última germinação; \bar{t} : tempo médio de germinação; CV_t : coeficiente de variação do tempo; \bar{v} : velocidade média de germinação; I : incerteza; Z : sincronia.

4 Discussão

Foi detectada variabilidade intraespecífica no processo de germinação para as duas espécies estudadas. A maioria dos indivíduos analisados de *Miconia albicans* e *M. fallax* apresentou sementes com baixa qualidade fisiológica, caracterizadas pelo baixo percentual de germinação e grande amplitude de variação. Esses resultados mostram que não deve haver mistura de sementes de vários indivíduos, antes de se conhecer a variabilidade intraespecífica. Esta observação também foi feita para diásporos de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, *Cedrela fissilis* Vell., *Ceiba speciosa* A. St. Hil., *Hymenaea courbaril* L., *Lithraea molleoides* (Vell.), *Miconia ferruginata* DC. e *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Berger 2007; Ferreira 2007; Dorneles 2010; Mendes-Rodrigues 2010).

Baixa germinabilidade não foi evidenciada para sementes de *Miconia albicans* coletadas no estado de São Paulo, tendo sido registrados 70% de germinação (Carreira & Zaidan 2007). Resultados semelhantes foram observados para sementes oriundas de Minas Gerais, com 75,7% de germinação (Ranal *et al.* 2010). Como não foram apresentadas medidas de dispersão da média pelos autores, isto torna difícil saber o quanto variaram os dados obtidos. É importante destacar ainda que, para a realização do presente trabalho, foram utilizadas as sementes de tamanho médio e não as maiores que foram produzidas de duas a três por fruto, o que inviabilizaria a montagem de experimentos. O procedimento usual nos laboratórios de sementes é o descarte das sementes muito pequenas, pois elas geralmente entram na categoria de mal formadas. Mesmo as maiores e bem formadas para este grupo de plantas podem ter problemas na formação do embrião, conforme foi registrado para *Miconia ferruginata* com 48,5 a 99% de sementes sem embrião (Mendes-Rodrigues *et al.* 2010). Baixa germinabilidade devido à ausência de embrião também foi registrada para sementes de *Tibouchina granulosa* Cogn. com 15% de germinação e para sementes de *T. pulchra* Cogn. com 30% de germinação (Zaia & Takaki 1998).

A variabilidade intraespecífica para maior número de características das sementes de *Miconia albicans* coletadas no entorno da vereda pode estar relacionada à flexibilidade da espécie para ocupar lugares distintos dentro do bioma e talvez esta característica esteja facilitando a ocupação do novo ambiente que agora representa uma transição cerrado-vereda. As veredas da Estação Ecológica do Panga estão se modificando nos últimos anos (Lopes & Schiavini 2007; Cardoso *et al.* 2009) e isto abre a possibilidade para a entrada de novas espécies. Estas áreas úmidas estão se tornando reduzidas devido ao ressecamento ocasionado pelas mudanças recentes no uso da terra no entorno da Estação, com a retirada da cobertura

vegetal natural e uso intensivo para agricultura e pecuária. Isto tem acarretado alterações profundas nas áreas onde o lençol freático aflora, tanto nas veredas quanto nos campos úmidos originais do interior da Estação Ecológica do Panga (Lopes & Schiavini 2007; Cardoso *et al.* 2009). O ressecamento da vereda é mais evidenciado na estação seca, o que facilita o estabelecimento de *M. albicans*, por tornar o ambiente mais semelhante ao cerrado *stricto sensu*. Além disso, a espécie possui a germinação espalhada ao longo do tempo, o que pode favorecer sua dispersão temporal e estabelecimento, pois possibilita a germinação das sementes em um momento favorável para o seu desenvolvimento, conforme mencionaram Labouriau (1983) e Simão & Takaki (2007).

Para as duas espécies avaliadas foram observados altos valores de tempo médio e incerteza, além de baixos valores de sincronia, o que indica que a germinação é espalhada no tempo e isto pode ser um indicativo de dormência relativa das sementes. Esta característica também foi observada para diásporos de *Lithraea molleoides* (Berger 2007; Ferreira 2007; Ranal *et al.* 2010), sementes de *Cedrela fissilis* (Ferreira 2008), de *Enterolobium contortisiliquum*, *Guazuma ulmifolia*, *Luehea divaricata*, *Ormosia arborea* e *Trema micranta* (Ranal *et al.* 2010) coletadas no Cerrado do Brasil Central e também para sementes de *Miconia ferruginata* coletadas na Serra de Caldas Novas, Goiás (Mendes-Rodrigues *et al.* 2010).

A análise de correlação permitiu verificar a associação matemática existente entre algumas medidas, como por exemplo, entre tempo médio e velocidade média; medidas de tempo e CV_t e entre sincronia e incerteza de germinação. Estas associações também foram verificadas para diásporos de *Anadenanthera colubrina*, *Cedrela fissilis*, *Ceiba speciosa*, *Lithraea molleoides*, *Myracrodruon urundeuva* (Ferreira 2008) e sementes de *Miconia ferruginata* (Mendes-Rodrigues *et al.* 2010). O principal objetivo do cálculo da correlação entre as medidas de germinação é avaliar se as funções matemáticas descrevem as relações entre as variáveis. No entanto, podem existir associações entre as medidas de germinação que não são explicadas matematicamente, mas auxiliam no entendimento do comportamento fisiológico da germinação das espécies (Ranal & Santana 2006), especialmente com relação à dormência.

Um exemplo deste tipo de correlação é a associação inversa entre Z e I . Estas medidas não possuem relação algébrica; no entanto, dizem respeito à sincronia do processo de germinação. Correlação negativa entre essas duas medidas também foi relatada por Ferreira (2007) para diásporos de *Anadenanthera colubrina*, *Ceiba speciosa*, *Lithraea molleoides* e

Myracrodruon urundeuva e por Mendes-Rodrigues *et al.* (2010) para sementes de *Miconia ferruginata*.

Com relação à contribuição dos fatores estudados para a variância das medidas de germinação, o local de coleta não interfere na variação dos dados. A variação da germinabilidade está mais relacionada à variabilidade entre os indivíduos, que pode ser genética e/ou ambiental, gerando o que se chama de efeito maternal. Alguns trabalhos mostram que a história da planta mãe pode afetar o processo de formação e qualidade fisiológica das sementes, o que explica parte da variabilidade encontrada entre os indivíduos (Wulff 1995, Valencia-Díaz & Montana 2005). Maior variabilidade decorrente da contribuição dos indivíduos para a germinabilidade ou porcentagem de emergência de plântulas também foi observada para diásporos de *Anadenanthera colubrina*, *Cedrela fissilis*, *Ceiba speciosa*, *Lithraea molleoides* e *Myracrodruon urundeuva* (Ferreira 2007). Estudos realizados com sementes de *Miconia ferruginata* coletadas na Serra de Caldas Novas, Goiás mostraram que a variação da germinação está relacionada ao local de coleta, num gradiente altitudinal relativamente pequeno (Mendes-Rodrigues *et al.* 2010). Por se tratar de uma espécie apomítica, teoricamente com menor variabilidade do que as que produzem sementes sexuadamente, esta espécie, da mesma forma que as duas estudadas no presente trabalho, permitem avaliar a influência do ambiente na formação e qualidade das sementes.

Os resultados obtidos neste estudo demonstraram que as sementes de *Miconia albicans* e *M. fallax* apresentam baixa germinabilidade, com a presença de dormência relativa nas sementes, o que lhes confere potencial para a formação de banco de sementes. Além disso, foi comprovado que há variabilidade intraespecífica nas duas espécies quanto à germinação, apesar de apomíticas, sendo o efeito do local de coleta baixo para a maioria das medidas da germinação, indicando que, neste momento, talvez fatores genéticos possam ser mais importantes que o ambiente de ocorrência da espécie.

Referências bibliográficas

Andrade, L.A.; Pereira, I.M. & Dorneles, G.V. 2002. Análise de vegetação arbóreo-arbustiva, espontâneas, ocorrente em taludes íngremes no município de Areia, Estado de Paraíba. **Revista Arvore** 26: 165-172.

Araújo, E.A.P. & Ranal, M.A. 2005. Câmara úmida para germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas (Câmara de Emanueli). Instituto Nacional Da Propriedade Industrial. PI0520543-3 A2, 31 out.

Berger, A.P.A. 2007. **Variabilidade intra-específica em *Lithraea molleoides* (vell.) Eng. (Aroeira-branca) a partir dos processos de germinação e emergência.** Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

Bonner, F.T. 1998. Testing tree seeds for vigor: a review. **Seed Technology** 20: 5-17.

Botrel, M.C.G. & Carvalho, D. 2004. Variabilidade isoenzimática em populações naturais de jacarandá paulista (*Machaerium villosum* Vog.). **Revista Brasileira de Botânica** 27: 621-627.

Cardoso, E. & Schiavivi, I. 2002. Relação entre distribuição de espécies arbóreas e topografia em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga (Uberlândia, MG). **Revista Brasileira de Botânica** 25: 277-289.

Cardoso, E.; Moreno, E.I.C.; Bruna, E.M. & Vasconcelos, H.L. 2009. Mudanças fitofisionômicas no cerrado: 18 anos de sucessão ecológica na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia – MG. **Caminhos de Geografia** 10: 254-268.

Carreira, R.C. & Zaidan, L.B.P. 2003. Estabelecimento e crescimento inicial de *Miconia albicans* (Sw.) Triana e *Schizocentron elegans* Meissn sob fotoperíodos controlados. **Hoehnea** 30: 55-161.

Cortez, P.A. and Carmello-Guerreiro, S.M. 2008. Ontogeny and structure of the pericarp and the seed coat of *Miconia albicans* (Sw.) Triana (Melastomataceae) from “cerrado”, Brazil. **Rev. Bras. Bot.**, 31: 71-79.

Davis, J.A. 1971. **Elementary survey analysis.** Englewood, Prentice-Hall.

Dorneles, M.C. 2010. **Padrões de germinação dos diásporos e emergência das plântulas de espécies arbóreas do cerrado, do vale do rio Araguari, MG.** Tese de Doutorado em Ecologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

Ferreira, D.F. 2000. **Sistema de análises de variância para dados balanceados.** Lavras: UFLA. (SISVAR 4. 1. pacote computacional).

Ferreira, W.R. 2007. **Variabilidade de cinco espécies arbóreas da região de cerrado do Brasil Central para medidas de germinação e emergência.** Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

Godoi, S. & Takaki, M. 2007. Seed germination in *Miconia theaezans* (Bonpl.) Cogniaux (Melastomataceae). **Brazilian Archives of Biology and Technology** **50**: 571-578.

Goldenberg, R. Melastomataceae: Miconia. In: Forzza, R. C. *et al.* (Eds.). **Catálogo de plantas e fungos do Brasil.** vol. 02. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio e Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. p. 1255-1263.

Goldenberg, R. & Shepherd, G.J. 1998. Studies on the reproductive biology of Melastomataceae in "cerrado" vegetation. **Pl. Syst. Evol.**, 211: 13-29.

Groenendijk, J.P., Bouman, F. & Cleef, A.M. 1996. An exploratory study on seed morphology of *Miconia* Ruiz & Pavon (Melastomataceae), with taxonomic and ecological implications. **Acta Bot. Neerl.**, **45**: 323-344.

Kageyama, P.Y.; Sebbenn, A.M.; Ribas, L.A.; Gandara, F.B.; Castellen, M.; Perecim, M.B. & Vencovsky, R. 2003. Diversidade genética em espécies tropicais de diferentes estágios sucessionais por marcadores genéticos. **Scientia Forestalis** **64**: 93-107.

Labouriau, L.G. 1970. On the physiology of seed germination in *Vicia graminea* Sm. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** **42**: 235-262.

Labouriau, L.G. 1983. **A germinação das sementes**. Washington, Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, Programa Regional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

Labouriau, L.G. & Valadares, M.E.B. 1976. On the germination of seeds of *Calotropis procera* (Ait). F. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** **48**: 263-284.

Lopes, S.F. & Schiavini, I. 2007. Dinâmica da comunidade arbórea de mata de galeria da Estação Ecológica do Panga, Minas Gerais, Brasil. **Acta Botânica Brasilica** **21**: 249-261.

Mendes-Rodrigues, C.; Araújo, F.P.; Souza, C.B.; Souza, V.B.; Ranal, M.A.; Santana, D.G. & Oliveira, P.E. 2010. Multiple dormancy and maternal effect on *Miconia ferruginata* (Melastomataceae) seed germination, Serra de Caldas Novas, Goiás, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica** **33**: 93-105.

Mendes-Rodrigues, C. ; Oliveira, P. E. . Polyembryony in Melastomataceae from Brazilian Cerrado: multiple embryos in a small world. **Plant Biology**, v. 14, p. 845-853, 2012.

Mendonça, R.; Felfili, J.; Walter, B.; Silva Jr., J.C.; Rezende, A.; Filgueiras, T. & Nogueira, P. 1998. Flora vascular do Cerrado. Pp. 288-556. In: Sano, S. & Almeida, S. (eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Cerrados.

Neter, J.; Wasserman, W. & Kutner, M.H. 1985. **Applied linear statistical models: regression, analysis of variance and experimental designs**. Illinois, Richard D. Irwin.

Ranal, M.A. & Santana, D.G. 2006. How and why to measure the germination process? **Revista Brasileira de Botânica** **29**: 1-11.

Ranal, M.A.; Santana, D.G. & Schiavine, I. 2010. Are there germination patterns for cerrado species? Pp. 106-159. In: Del Claro, K.; Oliveira, P.S.; Rico-Gray, V.; Barbosa, A.A.A.; Bonet, A.; Scarano, F.R.; Garzón, F.J.M.; Sampaio, M.V.; Morris, M.R.; Ramírez, N.; Marçal Júnior, O.; Macedo, R.H.F.; Marquis, R.J.; Coelho, L.; Martins, R.P.; Rodrigues, S.C. &

Lüttge, U. (eds.). **Encyclopedia of Life Support Systems. EOLSS Publication Catalogue.** Oxford, UNESCO.

Ranal, M. A.; Santana, D. G. de; Ferreira, W. R. & Mendes-Rodrigues, C. 2009. Calculating germination measurements and organizing spreadsheets. **Revista Brasileira de Botânica** (Impresso) 32: 849-855.

Romero, R. 1996. A família Melastomataceae na Estação Ecológica do Panga, Município de Uberlândia, MG. **Hoehnea** 2: 147-168.

Santos, A.P.M.; Fracasso, CM.; Santos, M.L.; Romero, R. ; Sazima, M & Oliveira, P. E. A. M. 2012. Reproductive biology and species geographical distribution in the Melastomataceae: A survey based on New World taxa. **Annals of Botany**. 110: 667-679.

Schiavini, I. & Araújo, G.M. 1989. Considerações sobre a vegetação da Reserva Ecológica do Panga (Uberlândia-MG). **Revista Sociedade e Natureza** 1: 61-66.

Silva, M.A.O. & Romero, R. 2008. Melastomataceae das serras do município de Delfinópolis, Minas Gerais, Brasil. **Revista Rodriguésia** 59: 609-647.

Silveira, F.A.O. 2011. **Ecofisiologia evolutiva de sementes de Melastomataceae de campos rupestres**. Tese de Doutorado em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

Silveira, F.A.O.; Ribeiro, R.C.; Oliveira, D.M.T.; Fernandes, G.W. & Lemos Filho, J.P. 2012. Evolution of physiological dormancy multiple times in Melastomataceae from Neotropical montane vegetation. **Seed Science Research** 22: 37-44.

Simão, E.; Nakamura, A.T. & Takaki, M. 2007. Época de colheita e capacidade germinativa de sementes de *Tibouchina mutabilis* (Vell.) Cogn. (Melastomataceae). **Biota Neotropica** 7: 67-73.

Simão, E. & Takaki, M. 2008. Effect of light and temperatura on seed germination in *Tibouchina mutabilis* (Vell.) Cogn. (Melastomataceae). **Biota Neotropica** 8: 63-68.

Walter, B.H. 2006. **Fitofisionomias do bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas**. Tese de Doutorado em Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília.

Wielewick, A.P.; Leonhardt, G.S. & Souza, A.C. 2006. Proposta de padrões de germinação e teor de água para sementes de algumas espécies florestais presentes na região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes 28**: 191-197.

Zaia, J.E. & Takaki, M. 1998. Estudo da germinação de sementes de espécies arbóreas pioneiras: *Tibouchina pulchra* Cong. e *Tibouchina granulosa* Cong. (Melastomataceae). **Acta Botanica Brasilica 12**: 221-229.

CAPÍTULO II

Doses de alumínio na germinação de sementes de espécies de Melastomataceae

RESUMO

A família Melastomataceae vem sendo foco de diversos estudos, principalmente devido à sua importância no Cerrado. Uma das principais características de diversas espécies dessa família é o acúmulo de alumínio. No entanto, pouco se sabe sobre o papel desse elemento em relação a espécies de Melastomataceae. Assim, este estudo teve por objetivos avaliar o efeito do alumínio na germinação de sementes de *Miconia albicans* e *M. fallax*, coletadas em cerrado *stricto sensu* e no entorno de vereda (transição cerrado-vereda). Foram selecionadas as sementes dos indivíduos com melhor potencial germinativo, com base em testes iniciais de germinação. Os dois experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, utilizando-se como tratamentos doses de alumínio (0, 5, 10, 20, 40, 80 e 160 mg L⁻¹) e ambientes de coleta (transição cerrado-vereda e cerrado *stricto sensu*), com quatro repetições de 25 sementes cada. Os resultados mostraram que sementes de *M. albicans*, obtidas na transição cerrado-vereda, apresentaram maior germinabilidade com 0 mg L⁻¹ de Al (54%), sendo nas doses de 5 a 160 mg L⁻¹ registrados valores entre 8 e 20%. Por outro lado, sementes oriundas do cerrado *stricto sensu* não mostraram diferenças significativas com a aplicação de doses de alumínio, com germinabilidades entre 9 e 18%, mas tiveram aumento significativo no tempo médio de germinação em baixas doses do elemento (0, 5 e 10 mg L⁻¹, com valores de 14,71; 16,19 e 15,18 dias, respectivamente), em relação às oriundas do entorno da vereda. Para sementes de *M. fallax* não foi possível observar o mesmo padrão de comportamento, apesar de algumas doses de alumínio terem modificado algum aspecto do processo de germinação das sementes em relação ao tratamento controle. A diminuição da germinação de sementes de *M. albicans* oriundas do ambiente de transição cerrado-vereda na presença de alumínio pode estar relacionada à presença de alumínio nas sementes em maior concentração do que as oriundas do cerrado, o que tornou a adição exógena tóxica. Por outro lado, a redução do tempo inicial de germinação em sementes de *M. fallax* oriundas da transição cerrado-vereda, quando submetidas a doses de alumínio, pode estar relacionada à adaptação destas plantas a elevadas concentrações deste elemento no ambiente.

Palavras chave: *Miconia albicans*; *Miconia fallax*; alumínio, germinação de sementes.

Aluminum doses on the Melastomataceae species seed germination

ABSTRACT

The Melastomataceae family has been the focus of several studies, mainly due to its importance in Cerrado. One of the main characters of several species of this family is the aluminum accumulation. However, the role of this element on Melastomataceae species is unknown. Thus, this study aimed to evaluate the effect of aluminum on the *Miconia albicans* and *M. fallax* seed germination, collected in the cerrado-palm swamp transition and in cerrado *stricto sensu*. Seeds were select of individuals with a better germination potential, based in the initial germination tests. The two experiments were carried out under a completely randomized design, using aluminum doses as treatments (0, 5, 10, 20, 40, 80, and 160 mg L⁻¹) and two environments (cerrado-palm swamp transition and cerrado *stricto sensu*), with four replications (25 seeds each one). The results showed that *M. albicans* seeds, obtained from the cerrado-palm swamp transition had a higher germination capacity at 0 mg L⁻¹ of Al (54%). Moreover, seeds from cerrado *stricto sensu* showed no significant differences in the application of aluminum rates (values between 9 and 18%), however, these seeds showed a longer mean germination time at low aluminum doses (0, 5 and 10 mg L⁻¹, with values 14.71; 16.19 and 15.18 days, respectively), in relation to the seeds from cerrado-palm swamp transition. *M. fallax* seeds presented different behavior, although some aluminum rates have changed some aspects of the germination process, compared to the control treatment. The decrease in germination of *M. albicans* seeds from the cerrado-palm swamp transition may be related to the presence of aluminum in seeds. Probably the seeds used in this work could contain considerable amounts of this element, which has the addition of toxic aluminum. On the other hand, reducing the start time of seed germination of *M. fallax* from the cerrado-palm swamp transition, when subjected to doses of aluminum can be related to the adaptation of these plants to high concentrations of the element in the environment.

Key words: *Miconia albicans*; *Miconia fallax*; aluminum; seed germination.

1 Introdução

O Cerrado representa um importante bioma, com elevada diversidade de fauna e flora, além de possuir diversas espécies endêmicas (Machado *et al.* 2004; Alho 2005). Devido a estas características este bioma passou a ser considerado um “hotspot” (Klink & Machado

2005). Em geral, os solos da região do Cerrado apresentam baixa fertilidade natural e acidez elevada, o que possibilita a ocorrência de alumínio na forma trivalente (Al^{3+}), forma esta que é considerada tóxica para diversas espécies cultivadas (Reichardt 1981; Matsumoto 2000), por ocasionar diminuição na divisão celular, no crescimento de raízes e da parte aérea, afetando a absorção de água e nutrientes da planta (Lea 1997).

Diversas espécies são adaptadas a estas condições, sendo então classificadas como plantas acumuladoras de alumínio por apresentarem mais de 1000 mg kg^{-1} do elemento em seus tecidos (Weeb 1954). Esse acúmulo não está associado ao baixo nível dos minerais essenciais nos tecidos vegetais, indicando que as espécies acumuladoras de alumínio possuem processos de adaptação eficientes para a utilização dos nutrientes (Haridasan *et al.* 1987).

Dentro deste grupo estão diversas espécies de Melastomataceae, como *Miconia albicans* e *M. fallax*, que se desenvolvem melhor na presença de alumínio (Haridasan 1987; Haridasan 2008). Além disso, sementes de *M. ferruginata* DC. apresentam maiores percentuais de germinação quando são oriundas de plantas estabelecidas em solos com maiores teores de alumínio, o que pode estar associado à formação do embrião (Mendes-Rodrigues *et al.* 2010).

O foco da maior parte dos estudos envolvendo o alumínio é com relação ao seu efeito na germinação e desenvolvimento de espécies agrícolas (Marin *et al.* 2004; Macedo *et al.*, 2008; Akhter 2009; Yamashita & Guimarães 2011) ou em espécies do cerrado que não são acumuladoras de alumínio (Perez & Prado 1993), não sendo dada a devida atenção às espécies de famílias acumuladoras de alumínio como Melastomataceae.

Frente a isto, objetivou-se neste trabalho avaliar a germinação de sementes de *Miconia albicans* e *M. fallax* oriundas de cerrado *stricto sensu* e de uma área de transição cerrado-vereda, submetidas a diferentes doses de alumínio.

2 Material e Métodos

2.1 Locais e época de coleta

A coleta de sementes de *Miconia albicans* e *M. fallax* foi realizada no mês de dezembro de 2011, na Estação Ecológica do Panga, localizada ao sul do município de Uberlândia, MG ($19^{\circ} 09' 20'' \text{ S}$ e $48^{\circ} 24' 35'' \text{ W}$). A Estação possui área de 409,5 ha e pertence à Universidade Federal de Uberlândia desde 1986, constituindo uma unidade de conservação na categoria de Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN (Schiavini & Araújo 1989). Trata-se de uma área representativa das fitofisionomias do bioma Cerrado do

Brasil Central, podendo ser encontrados diversos tipos florestais e savânicos (Cardoso & Schiavini 2002).

Com base em pré testes de germinação das espécies estudadas, foi possível selecionar os indivíduos que produziram as melhores sementes, sendo assim realizada a mistura das sementes dos melhores indivíduos de cada espécie.

2.2 Delineamento experimental

A partir de uma análise prévia do solo onde as espécies estudadas ocorrem, verificou-se que, em média, o solo apresenta 40 mg L^{-1} de Al. A partir desses resultados, foram determinadas as doses de alumínio para o teste de germinação. Além disso, foram utilizados também como base para a determinação das doses os resultados apresentados por Haridasan (2008).

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial, com seis doses de alumínio (0, 5, 10, 20, 40, 80 e 160 mg L^{-1}), dois ambientes de coleta (cerrado *stricto sensu* e transição cerrado-vereda no entorno da vereda) e quatro repetições de 25 sementes cada, para *Miconia albicans* e *M. fallax*. As sementes foram lavadas com água destilada, secas em papel toalha por cerca de 30 minutos e, em seguida, semeadas sobre papel de filtro umedecido, sendo mantidas em câmaras úmidas (câmaras de Emanuelli; Araújo & Ranal, 2005) contendo 30 mL de água destilada (tratamento controle) ou as respectivas doses de alumínio ($\text{Al}(\text{OH})_3$ – hidróxido de alumínio). A solução foi monitorada semanalmente, visando manter o pH igual a $4,0 \pm 2$, com auxílio de NaOH ou NaCl, ambos a 1 mM, pois este pH proporciona a disponibilização do alumínio para absorção.

O experimento foi mantido em incubadora tipo B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*), à temperatura de 25°C , e fotoperíodo de 12 horas. As avaliações de germinação foram diárias, no mesmo horário da implantação do experimento, adotando-se como critério de germinação a protrusão de qualquer parte do embrião.

2.3 Características avaliadas

Foram avaliadas a porcentagem de germinação, o tempo médio (Labouriau 1983), a velocidade média (Labouriau, 1970), o coeficiente de variação do tempo (Ranal, Santana 2006), a incerteza (Labouriau e Valadares 1976) e a sincronia do processo de germinação (Ranal & Santana 2006).

Também foi realizada coleta de solo e de folhas no local onde ocorrem as espécies estudadas para a determinação do teor de alumínio.

2.4 Análise estatística

Foram verificadas a normalidade dos resíduos da ANOVA e a homogeneidade entre as variâncias a partir dos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Quando as duas pressuposições foram atendidas, foi realizado o teste F da análise de variância e, posteriormente, foi aplicado o teste de Tukey para comparar os ambientes de coleta. Para analisar o efeito das doses de alumínio não foi realizada a análise de regressão, pois nenhum modelo se ajustou aos dados. Todos os testes foram realizados a 0,05 de significância.

Como o teste F permite pequenas violações de normalidade dos resíduos e/ou homogeneidade das variâncias (Scheffé 1959), foi realizada a análise paramétrica dos dados desde que, quando transformados, não satisfaziam as pressuposições, mas reduziam o valor do F de Levene e/ou elevavam o valor de W do teste de Shapiro-Wilk.

Os dados oriundos da análise de solo e de folhas foram comparados utilizando-se intervalos de confiança a 0,05 de significância.

3 Resultados

Sementes de *Miconia albicans* mostraram interação entre os fatores doses de alumínio e locais de coleta para as medidas de germinabilidade, tempo inicial, tempo médio e sincronia de germinação (Tabela 1). A maior germinabilidade das sementes foi registrada no tratamento controle (0 mg L⁻¹ de alumínio) para as sementes oriundas da transição cerrado-vereda (54%). Para as demais doses e ambientes não foram registradas diferenças significativas, com valores entre 8 e 20%.

Sementes do cerrado *stricto sensu* submetidas à dose de 5 mg L⁻¹ de Al demoraram mais tempo para iniciar o processo de germinação (14,75 dias). Quando comparados os dois ambientes de coleta, é possível perceber que as doses de 0, 5, 10 e 80 mg L⁻¹ proporcionaram redução do tempo inicial de germinação das sementes de transição cerrado-vereda (cerca de 10 dias) e isto também foi observado para o tempo médio de germinação nos tratamentos com zero a 20 mg L⁻¹ de alumínio (cerca de 12 dias). Para a maior parte dos tratamentos e ambientes analisados as sementes coletadas na área de transição gastaram menos tempo para germinar (tempo inicial e médio) do que as coletadas no cerrado.

Sementes coletadas na transição cerrado-vereda apresentaram maior velocidade de germinação do que as sementes do cerrado *stricto sensu* (0,08 dia⁻¹). Quanto às demais medidas que não apresentaram diferenças estatísticas, a germinação foi incerta ($1,33 \leq I \leq$

1,47 bits) e relativamente homogênea, com valores de CV_t entre 11,72 e 15,18% (Tabela 1; Figuras 1 e 2).

Sementes oriundas da transição cerrado-vereda apresentaram maior sincronia de germinação (0,28) em relação às coletadas no cerrado *stricto sensu* (0,0), quando não foram submetidas ao Al (tratamento controle). Quando comparados os resultados entre os tratamentos das sementes de transição cerrado-vereda, as doses de 0 e 20 mg L⁻¹ foram as que proporcionaram maior sincronia da germinação (0,28 e 0,42, respectivamente). Sementes de cerrado *stricto sensu* não mostraram diferenças quanto à sincronia ($0,00 \leq Z \leq 0,32$). No entanto, pode ser observado que os valores para esta variável apresentaram desvio padrão elevado, mostrando a alta variabilidade da espécie, o que dificulta a detecção de diferença significativa entre tratamentos.

Tabela 1 - Medidas de germinação (média \pm desvio padrão) de sementes de *Miconia albicans* submetidas a doses de alumínio, coletadas em cerrado *stricto sensu* e transição cerrado-vereda da Estação Ecológica do Panga, MG.

Dose (mg L ⁻¹)	G (%)		Média	t_0 (dia)		Média	t_f (dia)		Média	\bar{t} (dia)		Média
	Cerrado	Transição cerrado-vereda		Cerrado	Transição cerrado-vereda		Cerrado	Transição cerrado-vereda		Cerrado	Transição cerrado-vereda	
0	9,0 \pm 2,00 aB	54,0 \pm 14,79 aA	31,5 \pm 25,96	12,75 \pm 0,50 aB	10,50 \pm 1,0 aA	11,62 \pm 1,41	16,00 \pm 2,71	15,50 \pm 1,73	15,75 \pm 2,12 a	14,71 \pm 1,16 bB	12,19 \pm 0,70 aA	13,45 \pm 1,61
5	17,0 \pm 8,25 aA	8,0 \pm 0,0 bA	12,5 \pm 7,23	14,75 \pm 0,96 bB	10,75 \pm 0,5 aA	12,75 \pm 2,25	17,25 \pm 0,96	14,50 \pm 2,38	15,87 \pm 2,23 a	16,19 \pm 0,94 bB	12,62 \pm 1,03 aA	14,41 \pm 2,11
10	16,0 \pm 3,27 aA	18,0 \pm 10,07 bA	17,0 \pm 7,01	13,25 \pm 2,06 aB	10,25 \pm 0,5 aA	11,75 \pm 2,12	17,50 \pm 0,58	16,75 \pm 1,5	17,12 \pm 1,13 a	15,18 \pm 1,23 bB	12,78 \pm 0,50 aA	13,98 \pm 1,55
20	11,0 \pm 3,83 aA	17,0 \pm 6,83 bA	14,0 \pm 6,05	12,5 \pm 1,29 aA	11,25 \pm 0,5 aA	11,87 \pm 1,13	16,00 \pm 1,63	14,75 \pm 3,30	15,37 \pm 2,50 a	13,96 \pm 1,16 aB	12,31 \pm 0,94 aA	13,13 \pm 1,32
40	18,0 \pm 9,52 aA	14,0 \pm 5,16 bA	16,0 \pm 7,40	11,25 \pm 0,96 aA	11,00 \pm 0,0 aA	11,12 \pm 0,64	15,25 \pm 3,10	14,25 \pm 1,25	14,75 \pm 2,25 a	12,89 \pm 1,49 aA	12,46 \pm 0,42 aA	12,67 \pm 1,04
80	14,0 \pm 6,93 aA	20,0 \pm 9,80 bA	17,0 \pm 8,49	13,25 \pm 1,89 aB	10,75 \pm 0,5 aA	12,00 \pm 1,85	15,25 \pm 2,22	14,75 \pm 2,87	15,00 \pm 2,39 a	14,15 \pm 1,53 aA	12,61 \pm 0,98 aA	13,38 \pm 1,45
160	18,0 \pm 15,14 aA	14,0 \pm 4,00 bA	16,0 \pm 10,47	12,75 \pm 1,50 aA	12,50 \pm 0,58 aA	12,62 \pm 1,06	15,75 \pm 2,62	16,25 \pm 1,5	16,00 \pm 2,00 a	14,09 \pm 1,75 aA	14,30 \pm 0,48 aA	14,19 \pm 1,19
Média	14,71 \pm 7,93	20,71 \pm 16,15		12,93 \pm 1,59	11,00 \pm 0,86		16,14 \pm 2,09 a	15,25 \pm 2,14 a		14,45 \pm 1,54	12,75 \pm 0,95	
W (P)		0,96 (0,10)			0,95 (0,03)			0,95 (0,02)			0,97 (0,23)	
¹F (P)		1,46 (0,17)			1,35 (0,22)			1,05 (0,93)			0,76 (0,69)	
²F (P)		7,27 (0,01)			45,10 (<0,01)			2,35 (0,13)			33,81 (<0,01)	
³F (P)		4,58 (<0,01)			2,23 (0,06)			1,02 (0,42)			2,56 (0,03)	
⁴F (P)		9,43 (<0,01)			3,45 (<0,01)			0,41 (0,87)			2,76 (0,02)	
CV%		47,01			8,98			13,89			8,03	
Dose	¹ CV _t (%)		Média	\bar{V} (dia ⁻¹)		Média	² I (bit)		Média	³ Z		Média
	Cerrado	Transição cerrado-vereda		Cerrado	Transição cerrado-vereda		Cerrado	Transição cerrado-vereda		Cerrado	Transição cerrado-vereda	
0	16,53 \pm 5,34	11,45 \pm 3,98	13,99 \pm 5,13 a	0,070 \pm 0,006	0,082 \pm 0,005	0,076 \pm 0,009 a	1,15 \pm 0,29	1,87 \pm 0,38	1,51 \pm 0,50 a	0,0 \pm 0,00 aB	0,28 \pm 0,08 aA	0,14 \pm 0,16
5	7,72 \pm 1,61	20,20 \pm 13,85	13,96 \pm 11,30 a	0,062 \pm 0,004	0,077 \pm 0,007	0,070 \pm 0,010 a	1,47 \pm 0,41	1,00 \pm 0,00	1,23 \pm 0,37 a	0,12 \pm 0,16 aA	0,0 \pm 0,00 bA	0,06 \pm 0,12
10	14,19 \pm 8,15	24,63 \pm 4,17	19,41 \pm 8,19 a	0,065 \pm 0,005	0,077 \pm 0,003	0,071 \pm 0,007 a	1,58 \pm 0,50	1,54 \pm 0,63	1,56 \pm 0,52 a	0,15 \pm 0,14 aA	0,12 \pm 0,16 bA	0,13 \pm 0,13
20	11,57 \pm 3,99	11,01 \pm 10,68	11,29 \pm 7,47 a	0,072 \pm 0,006	0,082 \pm 0,007	0,077 \pm 0,008 a	1,10 \pm 0,27	1,25 \pm 1,03	1,17 \pm 0,70 a	0,12 \pm 0,15 aA	0,42 \pm 0,44 aA	0,27 \pm 0,34
40	13,37 \pm 9,13	12,22 \pm 1,68	12,80 \pm 6,11 a	0,077 \pm 0,009	0,080 \pm 0,003	0,079 \pm 0,006 a	1,26 \pm 0,97	1,63 \pm 0,45	1,44 \pm 0,73 a	0,32 \pm 0,46 aA	0,02 \pm 0,05 bA	0,17 \pm 0,34
80	8,40 \pm 4,12	14,35 \pm 3,39	11,37 \pm 4,72 a	0,070 \pm 0,008	0,077 \pm 0,006	0,074 \pm 0,008 a	1,32 \pm 0,44	1,60 \pm 0,61	1,46 \pm 0,51 a	0,10 \pm 0,14 aA	0,14 \pm 0,23 bA	0,12 \pm 0,18
160	10,25 \pm 3,15	12,44 \pm 4,29	11,34 \pm 3,67 a	0,075 \pm 0,01	0,070 \pm 0,002	0,072 \pm 0,007 a	1,42 \pm 0,55	1,36 \pm 0,31	1,39 \pm 0,42 a	0,08 \pm 0,09 aA	0,16 \pm 0,18 bA	0,12 \pm 0,14
Média	11,72 \pm 5,82 a	15,18 \pm 8,09 a		0,07 \pm 0,008 b	0,08 \pm 0,006 a		1,33 \pm 0,50 a	1,47 \pm 0,57 a		0,13 \pm 0,21	0,16 \pm 0,23	
W (P)		0,96 (0,05)			0,95 (0,03)			0,96 (0,04)			0,96 (0,07)	
¹F (P)		2,06 (0,04)			1,41 (0,20)			2,60 (0,011)			2,52 (0,012)	
²F (P)		2,89 (0,10)			18,15 (<0,01)			0,63 (0,43)			0,31 (0,58)	
³F (P)		1,18 (0,33)			1,82 (0,12)			0,54 (0,77)			0,81 (0,57)	
⁴F (P)		1,50 (0,20)			2,05 (0,08)			0,87 (0,52)			2,74 (0,02)	
CV%		25,69			9,29			15,83			102,10	

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 0,05 de significância; médias seguidas por letras iguais minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância, dentro de cada variável e ambiente; G: germinabilidade; t_0 : tempo para a primeira germinação; t_f : tempo para a última germinação; \bar{t} : tempo médio de germinação; CV_t: coeficiente de variação do tempo; \bar{V} : velocidade média de germinação; I: incerteza; Z: sincronia; W: estatística do teste de Shapiro-Wilk; ¹F: estatística do teste de Levene; valores em negrito implicam em normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias a 0,01 de significância; ²F: estatística da ANOVA do fator local; ³F: estatística da ANOVA do fator dose; ⁴F: estatística da ANOVA da interação dose x local; valores em negrito indicam diferença significativa; P: probabilidade; ¹ dados transformados para $\sqrt{x+1}$; ² dados transformados para $\sqrt{x+0,5}$; ³ dados transformados para \sqrt{x} ; médias e desvios padrão apresentados na tabela representam valores originais.

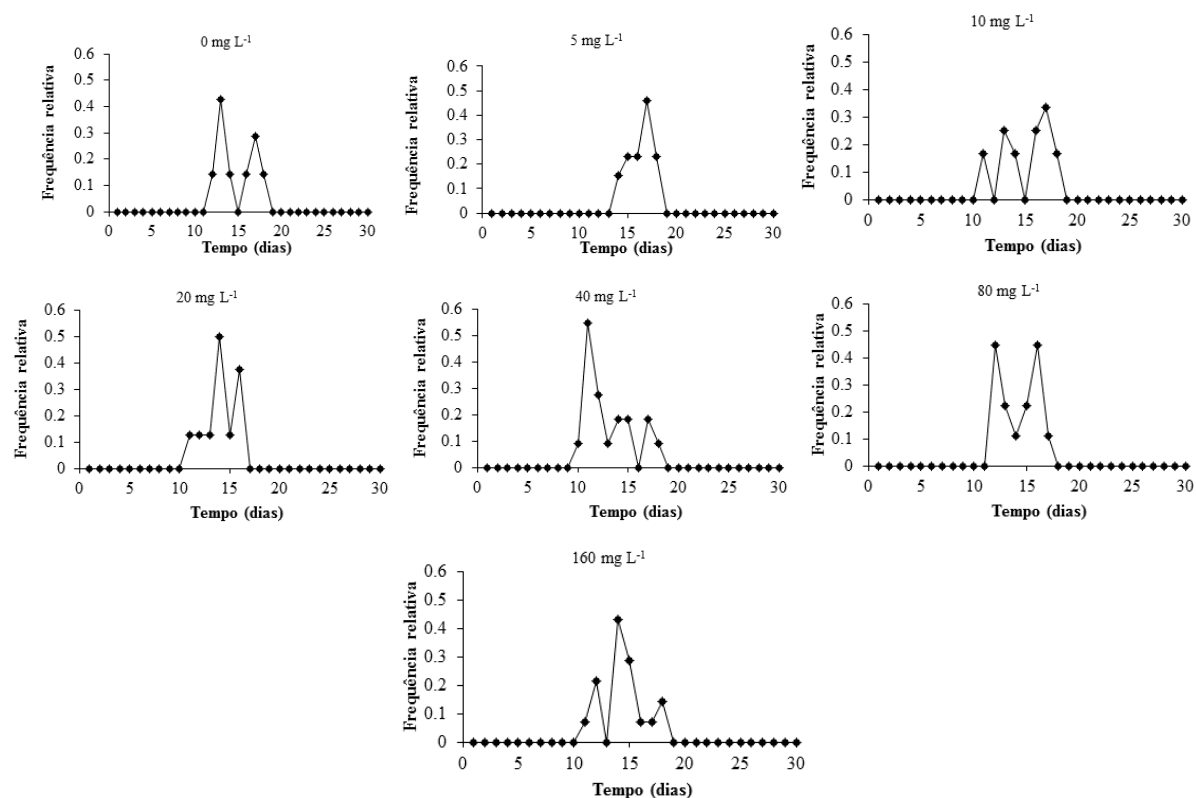


Figura 1- Frequência relativa de germinação de sementes de *Miconia albicans* em função do tempo e submetidas a diferentes doses de alumínio. Coleta realizada em plantas de cerrado *stricto sensu* da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG.

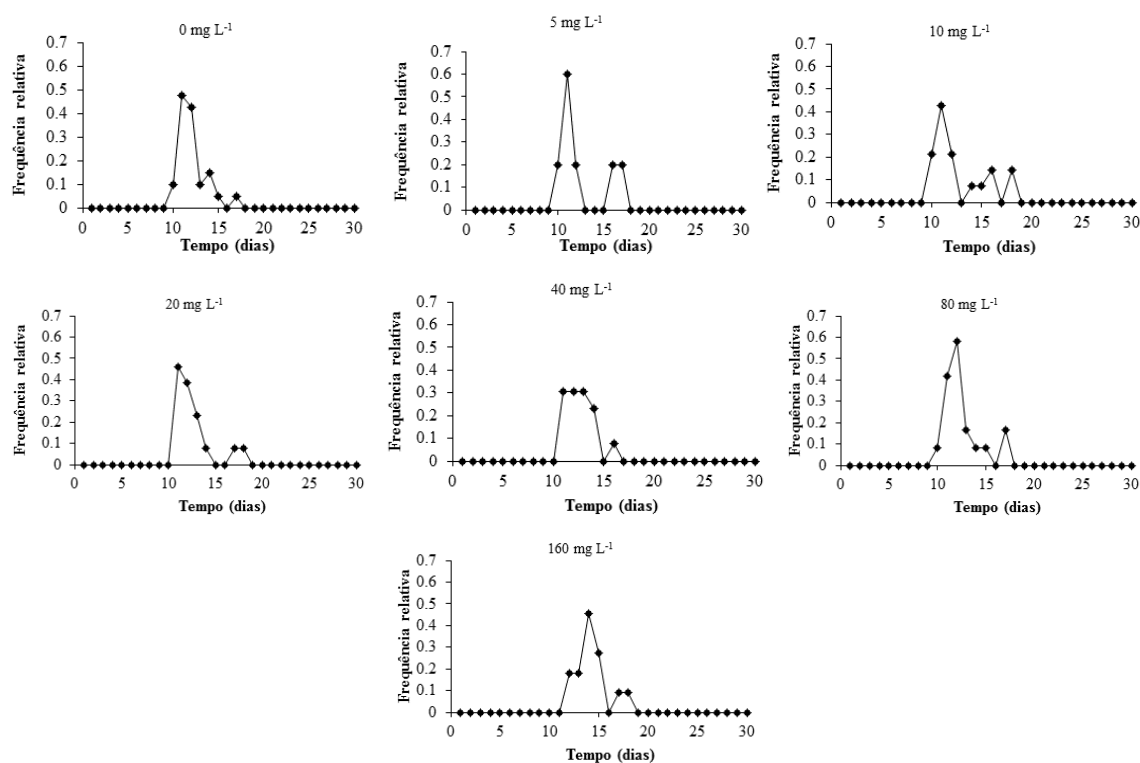


Figura 2 - Frequência relativa de germinação de sementes de *Miconia albicans* em função do tempo e submetidas a diferentes doses de alumínio. Coleta realizada em plantas de transição cerrado-vereda da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG.

Sementes de *Miconia fallax* mostraram interação entre os fatores doses de alumínio e local de coleta para todas as variáveis analisadas, exceto para a sincronia de germinação (Tabela 2). A menor germinabilidade para as sementes do cerrado foi registrada na dose de 5 mg L⁻¹ de Al (40,67%). Nas demais doses de alumínio os valores de germinabilidade não diferiram do tratamento testemunha neste ambiente (valores entre 60 e 74%). Sementes de transição cerrado-vereda apresentaram as maiores germinabilidades quando submetidas às doses de 5, 10, 40 e 80 mg L⁻¹ de Al, alcançando 93% na maior dose. Quando a germinabilidade das sementes é comparada entre os dois ambientes, observa-se diferenças somente nas doses de 5 e 80 mg L⁻¹ de Al, sendo os maiores valores registrados para as sementes da transição cerrado-vereda (92 e 93%, respectivamente).

O tempo final e tempo médio de germinação não foram influenciados pelas doses de alumínio em sementes do cerrado *stricto sensu* ($14,0 \leq t_f \leq 17,0$ dias; $9,4 \leq \bar{t} \leq 10,3$ dias). Para as sementes de transição cerrado-vereda foi observado menor tempo final de germinação nas doses de 5, 10 e 160 mg L⁻¹ de Al e menor tempo médio nas doses de 5, 10, 80 e 160 mg L⁻¹ de Al (Tabela 2). Ao serem comparados os dois ambientes, observa-se diferenças somente na dose 0, em que as sementes de cerrado apresentaram menor tempo médio de germinação (9,6 dias), em comparação com as de transição.

No cerrado *stricto sensu*, as sementes submetidas a doses de alumínio apresentaram maior espalhamento da germinação em torno do tempo médio ($24,64 \leq CV_t \leq 28,14\%$), quando comparadas com o tratamento testemunha (18,89%). Ao se realizar a comparação entre os dois ambientes, observa-se que as doses de 5 e 10 mg L⁻¹ de Al proporcionaram maior CV_t em sementes do cerrado *stricto sensu* (28,06 e 28,14%, respectivamente) e a dose 0 proporcionou maior valor deste em sementes de transição cerrado-vereda (24,8%).

As doses de alumínio não proporcionaram diferenças na velocidade de germinação de sementes do cerrado *stricto sensu* ($0,097 \leq \bar{v} \leq 0,10$ dia⁻¹); no entanto, em sementes de transição cerrado-vereda foi registrada maior velocidade para as doses de 5, 10, 80 e 160 mg L⁻¹ de Al. A comparação entre os dois ambientes mostrou diferenças somente na dose 0 de alumínio, tendo as sementes do cerrado *stricto sensu* apresentado maior velocidade (0,104 dia⁻¹).

A incerteza de germinação não foi influenciada pelas doses de alumínio em sementes de transição cerrado-vereda ($2,37 \leq I \leq 2,86$ bits) e no cerrado *stricto sensu* as doses de 5 e 20 mg L⁻¹ de Al proporcionaram menor incerteza de germinação (1,88 e 2,14 bits, respectivamente). Estas características também podem ser evidenciadas nas Figuras 3 e 4. Comparando-se os dois ambientes, as doses de 0 e 5 mg L⁻¹ de Al acarretaram menores

valores de incerteza para as sementes do cerrado *stricto sensu* (2,38 e 1,88 bits, respectivamente).

Não foram verificadas diferenças nos valores de sincronia entre locais de coleta e doses de alumínio.

Com relação às análises de alumínio, o ambiente de transição cerrado-vereda apresenta menor teor de alumínio em comparação com o cerrado *stricto sensu* (Figura 5A), no entanto, as folhas de *Miconia fallax* transição cerrado-vereda apresentam maior quantidade deste elemento (Figura 5B). *M. albicans* não apresenta diferenças de teor de alumínio em folhas nos dois ambientes de coleta (Figura 5C).

Tabela 2 - Medidas de germinação (média \pm desvio padrão) de sementes de *Miconia fallax* submetidas a doses de alumínio, coletadas em cerrado *stricto sensu* e transição cerrado-vereda da Estação Ecológica do Panga, MG.

Dose (mg L ⁻¹)	G (%)		Média	t_0 (dia)		Média	t_f (dia)		Média	\bar{t} (dia)		Média
	Cerrado	Transição cerrado-vereda		Cerrado	Transição cerrado-vereda		Cerrado	Transição cerrado-vereda		Cerrado	Transição cerrado-vereda	
0	74,00 \pm 18,90 aA	76,00 \pm 0,00 bA	75,00 \pm 12,42	7,50 \pm 0,58 bB	8,00 \pm 0,00 bA	7,75 \pm 0,46	14,00 \pm 2,00 aA	17,00 \pm 0,00 bB	15,5 \pm 2,07	9,60 \pm 0,64 aA	10,89 \pm 0,00 bB	10,25 \pm 0,81
5	40,67 \pm 11,55 bB	92,00 \pm 14,23 aA	66,33 \pm 29,95	8,00 \pm 0,00 cB	7,00 \pm 0,00 aA	7,50 \pm 0,53	14,75 \pm 3,20 aA	15,00 \pm 2,45 aA	14,9 \pm 2,64	10,33 \pm 1,01 aA	9,79 \pm 0,02 aA	10,06 \pm 0,78
10	73,00 \pm 10,00 aA	81,00 \pm 15,10 aA	77,00 \pm 12,60	7,25 \pm 0,50 aA	7,00 \pm 0,00 aA	7,12 \pm 0,35	16,25 \pm 0,50 aB	12,75 \pm 2,06 aA	14,5 \pm 2,33	10,12 \pm 0,50 aA	9,52 \pm 0,03 aA	9,82 \pm 0,65
20	60,00 \pm 11,78 aA	69,00 \pm 10,00 bA	64,50 \pm 11,20	7,50 \pm 0,58 bA	7,75 \pm 0,50 bA	7,62 \pm 0,52	17,00 \pm 0,00 aA	16,25 \pm 0,50 bA	16,2 \pm 0,52	9,90 \pm 0,85 aA	10,37 \pm 0,04 bA	10,14 \pm 0,78
40	67,00 \pm 6,83 aA	81,00 \pm 11,49 aA	74,00 \pm 11,51	7,00 \pm 0,00 aA	7,00 \pm 0,00 aA	7,00 \pm 0,00	15,75 \pm 2,22 aA	15,75 \pm 1,50 bA	15,75 \pm 0,75	10,02 \pm 0,50 aA	10,12 \pm 0,05 bA	10,07 \pm 0,39
80	60,00 \pm 13,86 aB	93,00 \pm 2,00 aA	76,50 \pm 12,88	7,25 \pm 0,50 aA	7,00 \pm 0,00 aA	7,12 \pm 0,35	15,75 \pm 0,96 aA	17,25 \pm 0,50 bA	16,5 \pm 0,07	10,05 \pm 0,55 aA	9,35 \pm 0,006 aA	9,70 \pm 0,53
160	70,00 \pm 15,49 aA	64,00 \pm 11,78 bA	67,00 \pm 13,14	7,00 \pm 0,00 aA	7,00 \pm 0,00 aA	7,00 \pm 0,00	14,75 \pm 1,26 aA	14,25 \pm 2,36 aA	14,5 \pm 1,77	9,44 \pm 0,34 aA	9,68 \pm 0,06 aA	9,56 \pm 0,61
Média	63,52 \pm 15,90	79,43 \pm 13,93		7,36 \pm 0,49	7,25 \pm 0,44		1,19 \pm 1,84	1,18 \pm 2,08		9,92 \pm 0,65	9,96 \pm 0,70	
<i>W</i> (P)		0,97 (0,15)			0,81 (<0,01)			0,95 (0,02)			0,99 (0,91)	
<i>^1F</i> (P)		1,11 (0,38)			2,69 (0,01)			2,80 (0,01)			0,98 (0,49)	
<i>^2F</i> (P)		24,63 (<0,01)			1,58 (0,21)			0,01 (0,94)			0,05 (0,82)	
<i>^3F</i> (P)		1,57 (0,18)			7,76 (<0,01)			2,10 (0,07)			1,37 (0,25)	
<i>^4F</i> (P)		5,41 (<0,01)			4,47 (<0,01)			2,73 (0,02)			2,79 (0,02)	
CV%		16,78			4,36			4,39			6,11	

Dose	CV _t (%)		Média	\bar{V} (dia ⁻¹)		Média	<i>I</i> (bit)		Média	<i>Z</i>		Média
	Cerrado	Transição cerrado-vereda		Cerrado	Transição cerrado-vereda		Cerrado	Transição cerrado-vereda		Cerrado	Transição cerrado-vereda	
0	18,89 \pm 6,59 aA	24,84 \pm 0,00 aB	21,86 \pm 5,36	0,104 \pm 0,007 aA	0,092 \pm 0,00 bB	0,098 \pm 0,008	2,38 \pm 0,58 bA	2,86 \pm 0,00 aB	2,62 \pm 0,46	0,19 \pm 0,12	0,11 \pm 0,00	0,15 \pm 0,09 a
5	28,06 \pm 5,40 bB	22,18 \pm 3,71 aA	25,12 \pm 5,32	0,097 \pm 0,009 aA	0,102 \pm 0,005 aA	0,100 \pm 0,007	1,88 \pm 0,36 aA	2,63 \pm 0,23 aB	2,25 \pm 0,49	0,22 \pm 0,07	0,16 \pm 0,02	0,19 \pm 0,06 a
10	28,14 \pm 0,60 bB	19,12 \pm 4,16 aA	23,63 \pm 5,56	0,099 \pm 0,005 aA	0,105 \pm 0,008 aA	0,102 \pm 0,007	2,69 \pm 0,31 bA	2,42 \pm 0,35 aA	2,55 \pm 0,34	0,14 \pm 0,04	0,18 \pm 0,03	0,17 \pm 0,04 a
20	25,80 \pm 2,79 bA	23,81 \pm 1,65 aA	24,80 \pm 2,37	0,101 \pm 0,008 aA	0,097 \pm 0,006 bA	0,099 \pm 0,007	2,14 \pm 0,39 aA	2,43 \pm 0,18 aA	2,28 \pm 0,32	0,22 \pm 0,09	0,17 \pm 0,04	0,19 \pm 0,07 a
40	27,35 \pm 6,47 bA	21,90 \pm 3,96 aA	24,62 \pm 5,76	0,100 \pm 0,005 aA	0,099 \pm 0,003 bA	0,099 \pm 0,004	2,47 \pm 0,21 bA	2,70 \pm 0,22 aA	2,58 \pm 0,23	0,15 \pm 0,03	0,13 \pm 0,05	0,14 \pm 0,04 a
80	25,51 \pm 0,98 bA	27,45 \pm 2,31 aA	26,48 \pm 1,94	0,100 \pm 0,005 aA	0,107 \pm 0,002 aA	0,103 \pm 0,005	2,35 \pm 0,31 bA	2,53 \pm 0,07 aA	2,44 \pm 0,23	0,17 \pm 0,07	0,16 \pm 0,007	0,17 \pm 0,04 a
160	24,64 \pm 4,83 bA	20,72 \pm 4,79 aA	22,68 \pm 4,92	0,106 \pm 0,004 aA	0,104 \pm 0,010 aA	0,105 \pm 0,007	2,41 \pm 0,21 bA	2,37 \pm 0,37 aA	2,39 \pm 0,28	0,18 \pm 0,03	0,19 \pm 0,06	0,19 \pm 0,04 a
Média	25,49 \pm 5,04	22,86 \pm 3,93		0,101 \pm 0,006	0,101 \pm 0,007		2,33 \pm 0,40	2,56 \pm 0,27		0,182 \pm 0,07 a	0,158 \pm 0,04 a	
<i>W</i> (P)		0,95 (0,02)			0,99 (0,85)			0,97 (0,16)			0,96 (0,04)	
<i>^1F</i> (P)		1,49 (0,16)			0,88 (0,58)			2,60 (0,011)			1,48 (0,16)	
<i>^2F</i> (P)		6,02 (0,02)			0,01 (0,91)			8,02 (0,01)			2,35 (0,13)	
<i>^3F</i> (P)		1,22 (0,31)			1,34 (0,26)			1,85 (0,11)			1,02 (0,42)	
<i>^4F</i> (P)		3,24 (0,01)			2,58 (0,03)			2,41 (0,04)			0,92 (0,49)	
CV%		16,57			6,13			12,41			33,47	

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 0,05 de significância; médias seguidas por letras iguais minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância; G: germinabilidade; t_0 : tempo para a primeira germinação; t_f : tempo para a última germinação; \bar{t} : tempo médio de germinação; CV_t: coeficiente de variação do tempo; \bar{V} : velocidade média de germinação; *I*: incerteza; *Z*: sincronia; *W*: estatística do teste de Shapiro-Wilk; *^1F*: estatística do teste de Levene; valores em negrito implicam em normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias a 0,01 de significância; *^2F*: estatística da ANOVA do fator local; *^3F*: estatística da ANOVA do fator dose; *^4F*: estatística da ANOVA da interação dose x local; valores em negrito indicam diferença significativa; *P*: probabilidade; ¹dados transformados para logaritmo; médias e desvios padrão apresentados na tabela representam valores originais.

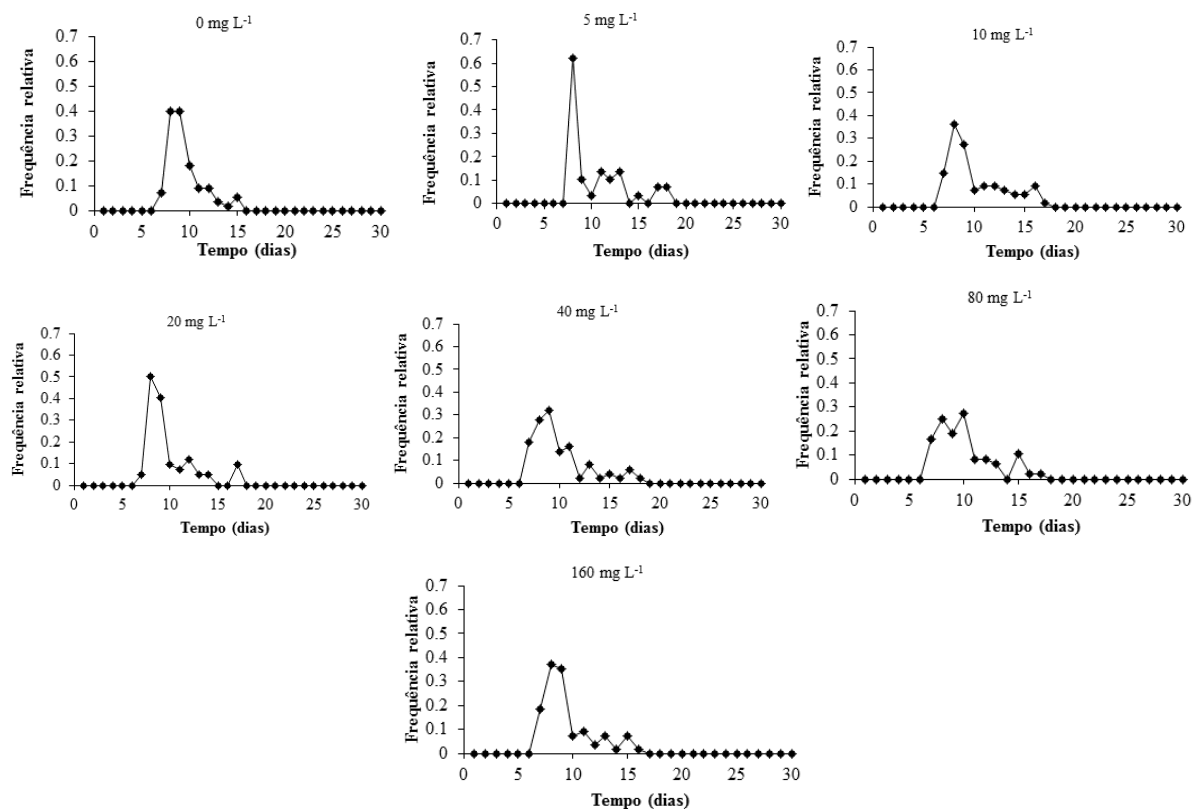


Figura 3 - Frequência relativa de germinação de sementes de *Miconia fallax* em função do tempo, submetidas a diferentes doses de alumínio. Coleta realizada em plantas de cerrado *stricto sensu* da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG.

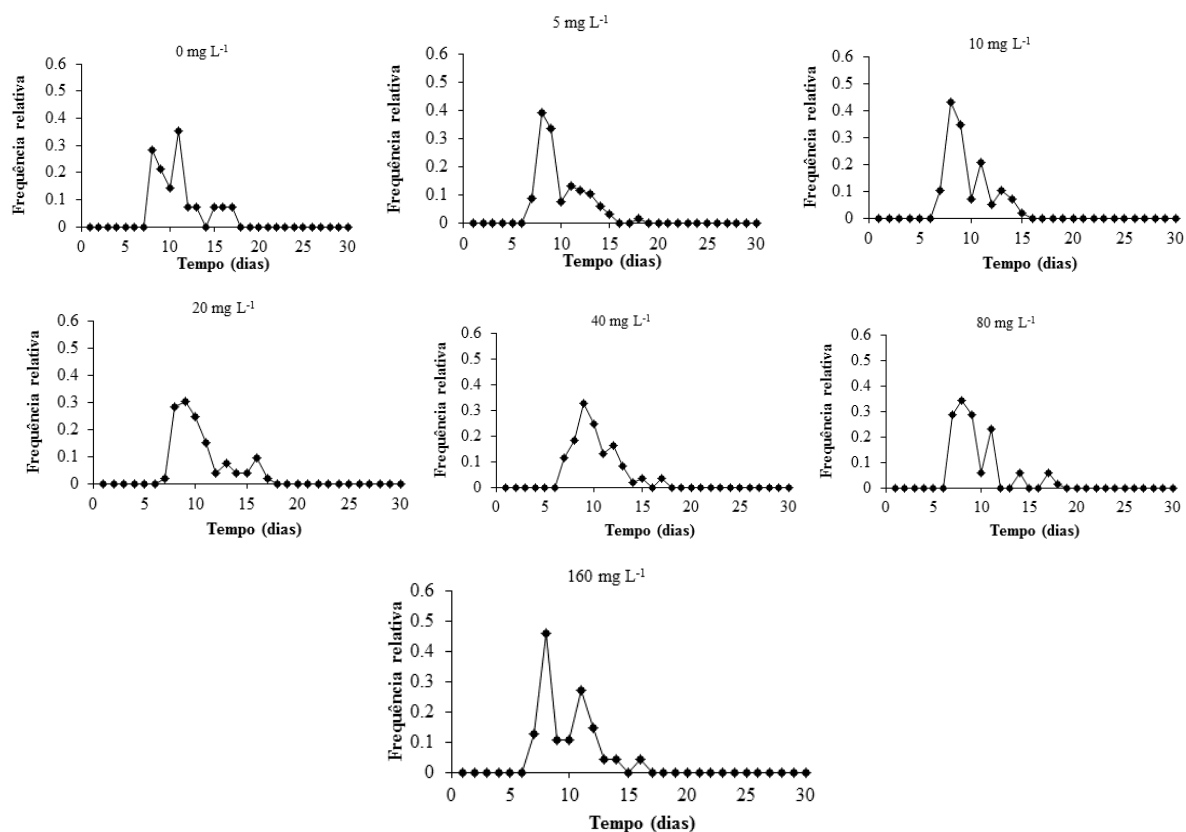


Figura 4 - Frequência relativa de germinação de sementes de *Miconia fallax* em função do tempo, submetidas a diferentes doses de alumínio. Coleta realizada em plantas de transição cerrado-vereda da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG.

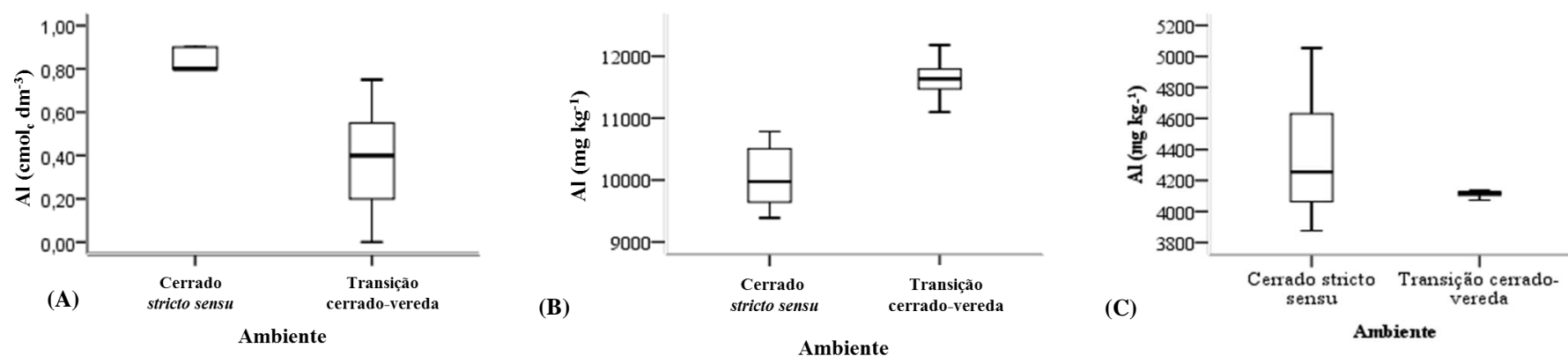


Figura 5 - Teor de alumínio no solo (A) e em folhas de *Miconia fallax* (B) e *M. albicans* (C) em ambiente de transição cerrado-vereda e cerrado *stricto sensu*. Coleta realizada em setembro de 2012. Uberlândia-MG.

4 Discussão

A partir dos dados de germinação das duas espécies estudadas foi possível observar que o alumínio influencia a germinação das sementes. Sementes de *Miconia albicans* oriundas do ambiente de transição cerrado-vereda apresentaram diminuição da germinabilidade quando expostas a doses crescentes de alumínio. Esta resposta pode estar relacionada à presença de alumínio nas sementes, característica que não foi quantificada no presente trabalho. No entanto, plantas desta espécie crescendo nesse ambiente, apresentaram cerca de 4100 mg kg^{-1} de alumínio em suas folhas, o que torna possível sua acumulação nas sementes. Sementes desta mesma espécie, coletadas no Brasil Central, apresentaram até 69000 mg kg^{-1} de Al (Haridasan, 1988), o que confirma a hipótese de acumulação. Possivelmente as sementes utilizadas no presente trabalho poderiam conter quantidade considerável deste elemento, o que tornou a adição do alumínio tóxica. Outra característica relevante a ser considerada é que as sementes desta espécie utilizadas neste experimento apresentavam baixa qualidade fisiológica, o que pode ter acentuado o efeito negativo do alumínio na germinação.

Por outro lado, a germinabilidade das sementes obtidas no cerrado *stricto sensu* não foi influenciada pela aplicação de doses de alumínio, mas observou-se redução do tempo médio de germinação com doses entre 20 e 160 mg L^{-1} , indicando que, de alguma forma, o alumínio pode ser benéfico para estas sementes. Este comportamento da espécie pode ser explicado pelo teor de alumínio no solo, que se apresenta em maior quantidade no cerrado *stricto sensu*, mostrando que talvez a espécie neste ambiente esteja mais adaptada a maiores concentrações deste elemento. Além disso, Mendes-Rodrigues *et al.* (2010) realizaram experimento com germinação de sementes de *Miconia ferruginata*, observando que a formação dos embriões nas sementes pode ser dependente da presença de alumínio no solo.

Em *Miconia fallax* observou-se que o tempo inicial de germinação da espécie reduziu quando as sementes foram expostas a concentrações de 10, 40, 80 e 160 mg L^{-1} de Al. Além disso, o fato das plantas da transição cerrado-vereda apresentarem maior concentração de alumínio em folhas, podendo ter portanto maior teor de alumínio nas sementes, não impediu o efeito benéfico do alumínio no tempo inicial de germinação. Essa redução do tempo inicial de germinação poderia levar ao melhor desenvolvimento da plântula. Em trabalho desenvolvido por Haridasan (2008), foi observado que *Vochysia thyrsoidea* Pohl, uma espécie acumuladora de alumínio, apresenta melhor desenvolvimento de plântulas em concentrações de 120 mg L^{-1} de alumínio.

Os resultados obtidos mostram que o alumínio interfere no processo de germinação das sementes das duas espécies estudadas, dando forte indicativo de que o assunto merece aprofundamento. Esse tipo de informação talvez possa auxiliar no entendimento da distribuição geográfica dessas espécies e no papel que o alumínio desempenha nos tecidos vegetais. *Miconia albicans* e *M. fallax* estão bem adaptadas ao ambiente de cerrado *stricto sensu*, tolerando o maior teor de alumínio deste ambiente em relação à transição cerrado-vereda. No entanto, sementes de *M. albicans* oriundas de transição cerrado-vereda parecem não suportar o aumento da concentração de alumínio, o que pode ser devido pior qualidade dessas sementes em relação a *M. fallax*.

Referências bibliográficas

Alamgir, A.N.M. & Akhter, S. 2009. Effects of aluminium (Al^{3+}) on seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). **Bangladesh Journal of Botany** 38: 1-6.

Alho, C.J.R. 2005. Desafios para a conservação de Cerrado, em face das atuais tendências de uso e ocupação. Pp. 367-381. In: A. Scarlot; J.C.S. Silva & J.M. Felfili (orgs.). **Cerrado: biologia, biodiversidade e conservação**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente.

Araújo, E.A.P. & Ranal, M.A. 2005. Câmara úmida para germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas (Câmara de Emanuelli). Instituto Nacional Da Propriedade Industrial. PI0520543-3 A2, 31 out.

Cardoso, E. & Schiavivi, I. 2002. Relação entre distribuição de espécies arbóreas e topografia em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga (Uberlândia, MG). **Revista Brasileira de Botânica** 25: 277-289.

Haridasan, M. 1988. Performance of *Miconia albicans* (SW.) Triana, an aluminium accumulating species in acidic and calcareous soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis** 19: 1091-1103.

Haridasan, M. 2008. Nutritional adaptations of native plants of the Cerrado biome in acid soils. **Brazilian Journal of Plant Physiology** 20: 183-195.

Klink, C.A. & Machado, R.B. 2005. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade** 1: 147-155.

Labouriau, L.G. 1970. On the physiology of seed germination in *Vicia graminea* Sm. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 42: 235-262.

Labouriau, L.G. 1983. **A germinação das sementes**. Washington, Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, Programa Regional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

Labouriau, L.G. & Valadares, M.E.B. 1976, On the germination of seeds of *Calotropis procera* (Ait). F. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 48: 263-284.

Lea, P. J. 1997. Primary nitrogen metabolism. In: **Plant biochemistry**. San Diego: Academic Press, 1997. p.273-306.

Macedo, C.M.P.; Lopes, J.C.; Amaral, J.A.T. & Fonseca, A.F.A. 2008. Germinação e vigor de sementes de café submetidas ao estresse com alumínio. **Scientia Agraria** 9: 235-239.

Machado, R.B.; Ramos Neto, M.B.; Harris, M.B.; Lourival, R. & Aguiar, L.M.S. 2004. Análise de lacunas de proteção da biodiversidade no Cerrado. Pp. 29-38. In: **Anais IV Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação**. Curitiba, Fundação O Boticário de Proteção à Natureza.

Marin, A.; Santos, D.M.M.; Banzato, D.A. & Ferraud, A.S. 2004. Germinação de sementes de guandu sob efeito da disponibilidade hídrica e de doses subletais de alumínio. **Bragantia** 63: 13-24.

Mendes-Rodrigues, C.; Araújo, F.P.; Souza, C.B.; Souza, V.B.; Ranal, M.A.; Santana, D.G. & Oliveira, P.E. 2010. Multiple dormancy and maternal effect on *Miconia ferruginata* (Melastomataceae) seed germination, Serra de Caldas Novas, Goiás, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica** 33: 93-105.

Matsumoto H. 2000. Cell biology of aluminum toxicity and tolerance in higher plants. *International. Review of Cytology* 200: 1-46.

Perez, S.C.J.G. & Prado, C.H.B.A. 1993. Efeitos de diferentes tratamentos pré-germinativos e da concentração de alumínio no processo germinativo de sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. **Revista Brasileira de Sementes** 15: 115-118.

Ranal, M.A. & Santana, D.G. 2006. How and why to measure the germination process? **Revista Brasileira de Botânica** 29: 1-11.

Reichardt, K. 1981. Soil physico-chemical conditions and the development of roots. Pp. 103-114. In: Russel, R.S. Igue, K. & Mehta, Y.R. **The soil-root system in relation to brazilian agriculture**. Londrina, Instituto Agronômico do Paraná.

Scheffé, H. 1959. **The analysis of variance**. New York: Willey, 1959. 477p.

Schiavini, I. & Araújo, G.M. 1989. Considerações sobre a vegetação da Reserva Ecológica do Panga (Uberlândia). **Sociedade & Natureza** 1: 61-65.

Weeb, L.B. 1954. Aluminium accumulation in the Australian – New Guinea flora. **Australian Journal of Botany** 2: 176-196.

Yamashita, O.M. & Guimarães, S.C. 2011. Germinação de sementes de *Conyza canadensis* e *C. bonariensis* em função da presença de alumínio no substrato. **Ciência Rural** 41: 599-601.

CAPÍTULO III

Estresse oxidativo e estado nutricional de plantas da família Melastomataceae

RESUMO

A produção de radicais livres em plantas vem sendo foco de diversas pesquisas, especialmente aquelas que visam quantificar o efeito de determinado estresse, que pode ser causado por fatores bióticos ou abióticos. No entanto, a maior parte dos trabalhos são realizados com espécies cultivadas, sendo poucos desenvolvidos com espécies florestais. Algumas espécies como *Miconia albicans* e *M. fallax* podem ocorrer em ambientes que possuem características edafoclimáticas contrastantes, porém, pouco se sabe sobre quais características permitem estas plantas sobreviverem em ambientes tão distintos. Desta forma, o presente trabalho teve por objetivo, avaliar características fisiológicas e bioquímicas de plantas da família Melastomataceae que ocorrem em ambientes de transição cerrado-vereda e cerrado *stricto sensu*. Para isto, foram coletadas amostras de folhas de *Miconia albicans* e *M. fallax* na Estação Ecológica do Panga, município de Uberlândia, MG. A partir das amostras foram determinadas a atividade das enzimas catalase, peroxidase, superóxido dismutase, nitrato redutase e quantificação de clorofilas, carotenoides e peroxidação lipídica. A atividade fotossintética e transpiratória das plantas também foi avaliada. Todas as análises foram realizadas ao longo do dia (8, 10, 12, 14 e 16 horas) e em três épocas do ano, foi determinada também a análise de solo dos locais de estudo, além da irradiância, temperatura e umidade. Os dados obtidos foram comparados através de intervalos de confiança 0,05 de significância. Os resultados mostraram que no final da estação chuvosa, as plantas de transição cerrado-vereda apresentam maior atividade da enzima peroxidase em relação às plantas do cerrado *stricto sensu*. No início da estação seca a enzima nitrato redutase apresentou maior atividade em *M. albicans* de transição cerrado-vereda ($7,47 \mu\text{g N-NO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ massa fresca h}^{-1}$). Os dados de radiação fotossinteticamente ativa mostram maiores valores em transição cerrado-vereda ($1140,65 \text{ W m}^{-2}$). No final da estação seca as plantas possivelmente diminuíram o metabolismo, o que dificultou a detecção de diferenças entre ambientes e entre horários de coleta. As duas espécies avaliadas apresentaram elevados teores de alumínio nas folhas (4134 e 10747 mg kg^{-1} em *M. albicans* e *M. fallax*), em todos os ambientes de coleta. Com relação aos horários de coleta, houve elevada variação da atividade das enzimas entre os indivíduos

amostrados, o que fez com que a atividade não seguisse um padrão, dificultando determinar o pico de atividade das enzimas.

Palavras chave: Enzimas antioxidantes; *Miconia albicans*; *Miconia fallax*; transição cerrado-vereda; cerrado *stricto sensu*.

ABSTRACT

The production of free radicals in plants has been the focus of several studies, particularly those which aim at quantifying the effect of a certain stress, that can be caused by biotic or abiotic factors. However, most of the works is performed with cultivated species, and few are developed with forest species. Some plants, such as *Miconia albicans* and *M. fallax*, can occur in environments with contrasting edaphoclimatic features. However, little is known about what features allow these plants to survive in so different environments. Therefore, this study aimed to evaluate physiological and biochemical features of plants of the Melastomataceae family occurring in the cerrado-palm swampy transition and cerrado *stricto sensu*. For this, leave samples of *Miconia albicans* e *M. fallax* were collected at the Panga Ecological Station, located in the town of Uberlândia, Minas Gerais, Brazil. Through the samples, the activity of the catalase, peroxidase, superoxide dismutase, and nitrate reductase enzymes were determined, and the chlorophyll, carotenoids, and lipid peroxidation were also quantified. The photosynthetic and transpiration activity of plants were also evaluated. All analyzes were conducted throughout the day (8 a.m., 10 a.m., 12 p.m., 2 p.m., and 4 p.m.) and in three seasons of the year. The soil from the study sites, in addition to irradiance, temperature, and air humidity were also measured. The data obtained were compared by means of confidence intervals with a significance level at 0.05. The results showed that, at the end of the rainy season, the plants from cerrado-palm swampy transition present high activity of the peroxidase enzyme compared to plants of cerrado *stricto sensu*. At the beginning of the dry season, the nitrate reductase enzyme showed high activity in *M. albicans* from cerrado-palm swampy transition ($7.47 \mu\text{g N-NO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ fresh weight h}^{-1}$). The photosynthetically active radiation data show high values in the cerrado palm swampy transition (1140.6 W m^{-2}). At the end of the dry season, the metabolism of plants decreased, making it more difficult to detect differences between environments and between collection times. The two evaluated species showed high levels of aluminium in leaves ($4134 \text{ e } 10747 \text{ mg kg}^{-1}$ in *M. albicans* and *M. fallax*), in all collection environments. Regarding the collection times, there was a high variation in the enzyme activity among the sampled individuals, something that made the activity from following a pattern, making it more difficult to determine the enzyme activity

peaks.

Key works: Antioxidant enzymes; *Miconia albicans*; *Miconia fallax*; cerrado-palm swampy transition; cerrado *stricto sensu*.

1 Introdução

O estresse oxidativo vem sendo foco de diversos estudos, especialmente em decorrência de estresses bióticos e abióticos a que as plantas vêm sendo submetidas. Nestas condições, as plantas podem produzir grande quantidade de radicais livres, também denominados Espécies Reativas de Oxigênio (EROs), oriundos da redução parcial do oxigênio atmosférico (O_2) (St- Pierre *et al.* 2002). Estes radicais, quando em excesso, podem causar danos às estruturas celulares, como ácidos nucleicos, lipídios e proteínas, levando ao estresse oxidativo e, conseqüentemente, à morte da célula (Scandalios 2005).

Embora os radicais estejam relacionados a danos nas estruturas celulares, em baixas concentrações se tornam importantes por atuarem como sinalizadores de diferentes processos intrínsecos das plantas, como resposta ao ataque de patógenos (Fobert & Despres 2005), germinação de sementes (El-Maarouf-Bouteau & Bailly 2008) e fechamento estomático (Allan & Fluhr 1997; Lee *et al.* 1999), entre outros. Assim, é necessário que a planta mantenha baixos níveis de radicais livres para manter seu funcionamento normal.

O equilíbrio entre a produção e a remoção das EROs pelas células é mantido por diversos sistemas de defesa antioxidantes. Enzimas como a catalase (CAT), a superóxido dismutase (SOD), a ascorbato peroxidase (APX), a glutatona peroxidase (GPX), a guaiacol peroxidase (GPOX), a monodehidroascorbato redutase (MDHAR), a dehidroascorbato redutase (DHAR), a glutatona redutase (GR) e a glutatona *S*-transferase (GST) são os principais componentes do sistema enzimático de defesa antioxidante das plantas (Gill; Tuteja 2010). Outro sistema de defesa é constituído pelos complexos não enzimáticos, a partir da produção do ácido ascórbico (Mahajan & Tuteja 2005; Tuteja 2007), da glutatona (Scandalios 2005), da prolina (Gill & Tuteja, 2010), de flavonoides (Lovdal *et al.* 2010) e de carotenoides (Collins 2001; Gill & Tuteja 2010).

A produção de EROs pode ser evidenciada quando a planta é submetida a condições de estresses abióticos, tais como deficiência nutricional, estresse hídrico, temperaturas extremas, salinidade, radiação ultra violeta, poluição do ar, altas concentrações de alumínio

(comum em solos de cerrado) e bióticos como ataque de pragas e patógenos (Gill & Tuteja 2010).

Diversos trabalhos têm sido desenvolvidos para quantificar os efeitos de estresse, principalmente aqueles ocasionados por fatores abióticos em plantas cultivadas (Doke *et al.*, 1983, Yong, Ya, 2008; Aftab *et al.*, 2010, Suzuki *et al.*, 2010). No entanto, existem poucas pesquisas relacionadas com espécies nativas (Favaretto *et al.*, 2011), mesmo tendo em vista que a maior parte delas sobrevive em ambientes com características peculiares, como por exemplo, as espécies do cerrado que, em sua maioria, se estabelecem em ambientes com altas concentrações de alumínio (Haridasan 1987). Acredita-se que algumas dessas espécies, especialmente aquelas que possuem a capacidade de acumular alumínio como as Melastomataceae e Volchysiaceae (Haridasan 1982, 1987), possuam comportamento diferenciado em relação à remoção das EROs, o que poderia aumentar a tolerância a elevadas concentrações do alumínio. O estudo dessas acumuladoras poderia trazer esclarecimentos sobre o papel do alumínio nos tecidos vegetais, além de facilitar o manejo de espécies cultivadas a serem implantadas em áreas agrícolas do bioma cerrado.

O cerrado é constituído por uma diversidade de fitofisionomias, com características intrínsecas e contrastantes. O cerrado *stricto sensu* apresenta solos profundos e bem drenados, com arbustos e também algumas árvores espalhados ao longo da área (Haridasan 1992; Ribeiro & Walter 1998). Por outro lado, a transição cerrado-vereda, localizada no entorno da vereda, caracteriza-se como um local onde ainda estão presentes as gramíneas típicas do ambiente mais úmido, associadas a espécies do cerrado em decorrência do ressecamento do solo. Embora estes dois ambientes possuam características distintas, algumas espécies conseguem se instalar em ambos, como *Miconia albicans* (Sw.) Triana e *M. fallax* DC. (Romero 1996; Araújo *et al.* 2002), que podem ser observadas no entorno da vereda, ambiente que está passando por transição cerrado-vereda. No entanto, apesar de todo o conhecimento que se tem sobre a distribuição destas espécies, não se sabe ao certo quais são as características que possibilitam sua sobrevivência em ambientes tão distintos.

Neste sentido, o presente trabalho teve por objetivo avaliar características bioquímicas e fisiológicas de indivíduos de *Miconia albicans* e *M. fallax* em ambientes de cerrado *stricto sensu* e transição cerrado-vereda da Estação Ecológica do Panga, MG.

2 Material e Métodos

2.1 Locais, épocas e materiais coletados

As coletas foram realizadas na Estação Ecológica do Panga, localizada no município de Uberlândia, MG (19° 09' 20" S e 48° 24' 35" W), nos meses de abril, junho e setembro de 2012. A Estação apresenta 409,5 ha de área bem preservada e representativa das fitofisionomias do bioma Cerrado do Brasil Central (Cardoso & Schiavini 2002).

Foram coletadas folhas de *Miconia albicans* e de *M. fallax* em cerrado *stricto sensu* e em área de entorno de uma das veredas da Estação do Panga, local de transição cerrado-vereda. Além disso, foram coletadas amostras de solo a fim de se avaliar as características físicas, químicas e o teor de água.

Folhas completamente expandidas e funcionais do terço médio das plantas foram coletadas ao longo do dia (8, 10, 12, 14 e 16 horas), sendo obtidas amostras de cinco repetições (indivíduos) de cada espécie. A primeira coleta de amostras, realizada no mês de abril de 2012, pode ser efetuada somente em dois horários do dia (12 e 15 horas), devido à ocorrência de chuvas, o que impossibilitou a coleta em todos os horários previstos.

Após a coleta, as folhas foram colocadas em sacos de plástico e posteriormente cobertas por papel alumínio, a fim de evitar o contato destas com a luz, o que pode alterar a atividade enzimática. As amostras foram então congeladas em nitrogênio líquido, visando paralisar todas as reações enzimáticas, sendo transferidas para caixas térmicas contendo gelo seco. Posteriormente, foram levadas para laboratório e armazenadas em freezer, à temperatura em torno de -20°C. Este material foi utilizado para a determinação da atividade de enzimas antioxidantes e nitrato redutase, quantificação de lipoperóxidos, clorofilas *a*, *b* e carotenoides.

2.2 Atividade de enzimas antioxidantes

Para a análise de enzimas antioxidantes as folhas foram maceradas, utilizando-se nitrogênio líquido, sendo então adicionados 10 mL de tampão de fosfato de potássio a 0,1 mol L⁻¹, em pH 6,8, para a diluição do extrato. As amostras foram então transferidas para eppendorfs e centrifugadas a 10.000 r.p.m. (6.000 g) por 30 min a 4 °C. Ao final, as amostras (extrato enzimático) foram armazenadas a -20°C para posterior determinação das atividades enzimáticas (Kar & Mishra 1976).

O cálculo do teor de proteína foi realizado a partir de uma curva padrão, ajustada de acordo com as concentrações de proteína na forma de caseína (0, 20, 40, 60, 80 e 100 µg em 100 mL) (Bradford 1976). A partir das absorbâncias, ajustou-se o gráfico (concentração x

leitura), obtendo-se a equação de regressão linear. De acordo com esses dados, procedeu-se a quantificação de proteína.

A determinação da atividade de enzimas antioxidantes foi realizada com base na quantidade de proteínas presentes nas folhas. Para isto, utilizou-se 0,1 mL de extrato enzimático, em mistura com 5 mL de reagente de Bradford (100 mg de brilhant blue, 50 mL de álcool etílico 95% e 100 mL de ácido fosfórico 85%, completando-se o volume para 1L com água destilada). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro UV-visível a 595 nm, 15 minutos após a montagem do meio de reação (Bradford 1976).

A atividade da enzima catalase CAT - (EC 1.11.1.6) foi determinada pelo método proposto por Peixoto *et al.* (1999). Para esta determinação, foram adicionados em um tubo de ensaio 950 μL de tampão fosfato de sódio (50 mmol L^{-1} em pH 7,0); 53,75 μL de H_2O_2 (12,5 mmol L^{-1}) e 30 μL de extrato enzimático, resultando em um volume final de 1 mL. As leituras de absorbância foram realizadas a 240 nm, sendo avaliadas durante 80 segundos até a estabilização da leitura. As leituras foram realizadas sob luz ultra-violeta, utilizando-se cubetas de quartzo, pois estas permitem leituras em comprimentos de ondas menores. Para o cálculo da atividade desta enzima, foi utilizado o coeficiente de extinção molar do H_2O_2 a 39,4 $\text{mmol L}^{-1} \text{ cm}^{-1}$, sendo a atividade da catalase expressa em nmol de H_2O_2 consumido por minuto, por miligrama de proteína.

A atividade da peroxidase - POD (EC 1.11.1.7) foi determinada de acordo com Teisseire & Guy (2000). Para isto, foram misturados em um tubo de ensaio 500 μL de tampão fosfato de potássio (50 mmol L^{-1} em pH 6,5); 30 μL de extrato enzimático; 250 μL de pirogalol (1,2,3-benzenotriol) a 20 mmol L^{-1} e 220 μL de H_2O_2 a 5 mmol L^{-1} , totalizando um volume de 1 mL. Posteriormente, os tubos de ensaio foram deixados por 5 minutos à temperatura em torno de 25 °C. Após esse período, a formação de purpurogalina foi mensurada em espectrofotômetro UV-visível, a 430 nm. Para o cálculo da atividade da enzima foi utilizado o coeficiente de extinção molar da purpurogalina a 2,5 $\text{mmol L}^{-1} \text{ cm}^{-1}$, sendo a atividade expressa em μmol de purpurogalina por minuto, por miligrama de proteína.

A enzima superóxido dismutase foi avaliada segundo a metodologia de Beauchamp & Fridovich (1971). Para isto, foram utilizados 30 μL de extrato enzimático, 2000 μL de tampão de fosfato de sódio (50 mmol L^{-1} em pH 7,8) e solução de Nitroblue Tetrazolium (NBT) + EDTA (5:4). O sistema de reação foi preparado em tubos de ensaio envolvidos com papel alumínio. Ao final, os tubos foram expostos à luz durante 10 minutos. Após esse período, foram adicionadas solução de metionina e riboflavina (1:1), sendo realizadas as leituras de absorbância a 560 nm.

2.3 Quantificação de lipoperóxidos (peroxidação lipídica)

A quantificação de lipoperóxidos foi determinada de acordo com a técnica de Heath & Packer (1968), modificada por Rama Devi & Prasad (1998). Foram macerados 200 mg do material vegetal, sendo posteriormente homogeneizado em 5 mL de solução contendo ácido tiobarbitúrico (TBA) a 0,25% e ácido tricloroacético (TCA) a 10% (0,25 g de TBA e 10 g de TCA em 100 mL de água). Em seguida, o conteúdo foi transferido para tubos de ensaio com rosca e papel filme, sendo incubado em banho-maria a 90 °C, por 1 hora. Após resfriamento, o homogeneizado foi centrifugado a 8.000 r.p.m. por 15 minutos, à temperatura ambiente e, em seguida, o sobrenadante coletado de cada amostra foi submetido a leituras de absorbância em espectrofotômetro UV-visível a 560 e 600 nm. Os resultados foram expressos em nmol de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) por grama de matéria fresca.

2.4 Atividade da enzima nitrato redutase

Para a determinação da atividade da enzima nitrato redutase as folhas foram cortadas em pedaços com cerca de 2 mm². Em seguida, 200 mg desse material foram colocados em tubo de ensaio envolvido com papel alumínio, sendo adicionados 5 mL de KNO₃. Em seguida, os tubos de ensaio foram colocados em banho-maria a 35 °C, durante 2 horas, agitando-se de 5 em 5 minutos. Após este processo, 1 mL da solução foi colocado em balão volumétrico (50 mL), onde foram adicionados 25 mL de água destilada e 1 mL de ácido sulfanílico. A solução permaneceu em repouso durante 5 a 10 minutos, sendo posteriormente adicionados 1 mL de alfa-nafetilalamina e 1 mL do tampão de acetato de sódio, completando-se o volume do balão com água destilada. As leituras foram realizadas entre 10 e 30 minutos após o término da montagem do meio de reação, em espectrofotômetro com comprimento de onda de 560 nm (Cataldo 1979).

A estimativa da atividade da nitrato redutase foi obtida por meio da curva padrão de nitrito (NO₂⁻), ajustada de acordo com as concentrações de N na forma de NO₂⁻ (0, 5, 10, 15, 20 e 25 µg L⁻¹). A partir das absorbâncias, ajustou-se o gráfico (concentração x leitura), obtendo-se a equação de regressão linear. De acordo com esses dados, procedeu-se ao cálculo da atividade da nitrato redutase conforme Cataldo (1979) [$ANR = [(5 FV) (4 CN) 0,5]$, em que: ANR refere-se à atividade da nitrato redutase em µg N-NO₂ g de fitomassa verde⁻¹ h⁻¹; FV é a quantidade de fitomassa verde colocada no tubo de ensaio (200 mg) e CN é a concentração de nitrito (mg L⁻¹) obtida pela equação ajustada à curva padrão, de acordo com a

absorbância da amostra e os valores 5, 4 e 0,5 foram utilizados na correção dos valores para $\mu\text{g N-NO}_2$ por g de fitomassa verde por hora].

2.5 Quantificação de clorofilas *a*, *b* e carotenoides

A partir do material congelado, foram coletadas duas amostras contendo cinco discos de 0,7 cm. Uma das amostras foi utilizada para extração dos pigmentos fotossintéticos e a outra foi colocada em estufa por 48 h a 65 °C para obtenção da massa seca. O material fresco foi colocado em tubos com tampa contendo 5 mL de acetona 80% (m/v), durante 72 h. Os tubos foram vedados, envoltos em folhas de papel alumínio e mantidos em banho de gelo no escuro. Após a extração, foram realizadas as leituras de absorbância em espectrofotômetro a 470, 645 e 663 nm. Todo o processo foi feito em sala fracamente iluminada. O cálculo dos teores de clorofila e carotenoides, expressos em mg g^{-1} de massa seca, foram feitos de acordo com as equações propostas por Arnon (1949) e com os coeficientes de absorção propostos por Lichtenthaler (1987). A clorofila *a* foi calculada pela expressão

$$Ca = 2,25A_{663} - 2,79A_{645} \left(\frac{V}{1000M} \right); \text{ clorofila } b: Cb = 21,5A_{645} - 5,1A_{663} \left(\frac{V}{1000M} \right); \text{ clorofila total: } Ct = 7,15A_{663} + 18,71A_{645} \left(\frac{V}{1000M} \right) \text{ e catotenóides: } C = \left(\frac{1000A_{470} - 1,82Ca - 82,02Cb}{198 \left(V \frac{V}{1000M} \right)} \right),$$

sendo V: volume da amostra (mL) e M: massa seca da amostra (g).

2.6 Trocas gasosas

As medidas de trocas gasosas foram realizadas em folhas completamente expandidas do terço médio das plantas, sendo utilizadas cinco repetições (indivíduos) e as leituras realizadas em três pontos distintos de cada folha. Foram avaliadas a fotossíntese líquida (FL) e taxa de transpiração das folhas (E), para as determinações foi utilizado um sistema portátil aberto analisador de gases IRGA (LC pro-SD, Analytical Development Co., Hoddesdon, Reino Unido), ligado a um PLC₄ (B) da câmara de folha (6,25 cm²).

2.7 Dados climáticos

Foram determinadas a temperatura e umidade relativa do ar por meio de estação meteorológica portátil. Os dados de radiação fotossinteticamente ativa (RFA 400-700 nm)

foram obtidos a partir de sensor quantum ligado a um registrador de dados LI-1000 (Li-Cor, Lincoln, NE, EUA).

2.8 Análises químicas de amostras de solo e de folhas

As folhas coletadas foram armazenadas em sacos de plástico e levadas ao laboratório, onde foram lavadas em água corrente e enxaguadas em água destilada. Após esse procedimento, as folhas foram colocadas em sacos de papel, secas em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C até massa constante, sendo posteriormente trituradas em moinho tipo Wiley, passadas em peneiras de malha 1,0 mm e finalmente armazenadas em frascos de vidro para subsequente análise química. A extração de elementos químicos do tecido vegetal foi realizada pelo método de digestão úmida com $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$ (3:1) e a determinação do alumínio feita pela técnica espectrofotométrica com eriocromo cianina R, sendo o resultado expresso em mg kg^{-1} (Miyazawa *et al.* 2009). O solo foi coletado e analisado de acordo com a metodologia proposta por Malavolta (1992).

2.9 Teor de água no solo

O teor de água do solo foi determinado pelo método padrão, com secagem em estufa a 105 °C por 24 horas (Embrapa 1997). O cálculo da quantidade de água no solo foi feito de acordo com a expressão $U = \left(\frac{Mu - Ms}{Ms} \right) 100$, em que Mu corresponde à massa úmida do solo (g) e Ms à massa seca (g).

2.10 Análise estatística dos dados

Os dados obtidos foram comparados utilizando-se intervalos de confiança a 0,05 de significância.

3 Resultados

No final da estação chuvosa (abril de 2012) as espécies estudadas mostraram diferenças na atividade enzimática nos dois ambientes e nos horários de coleta (Figuras 1 a 3).

A atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) nas plantas de *Miconia albicans* apresentou maiores valores às 15 horas no cerrado (298% superior às 12 horas) (Figura 1A). Por outro lado, não foram observadas diferenças significativas na atividade desta enzima entre os horários de coleta na transição cerrado-vereda.

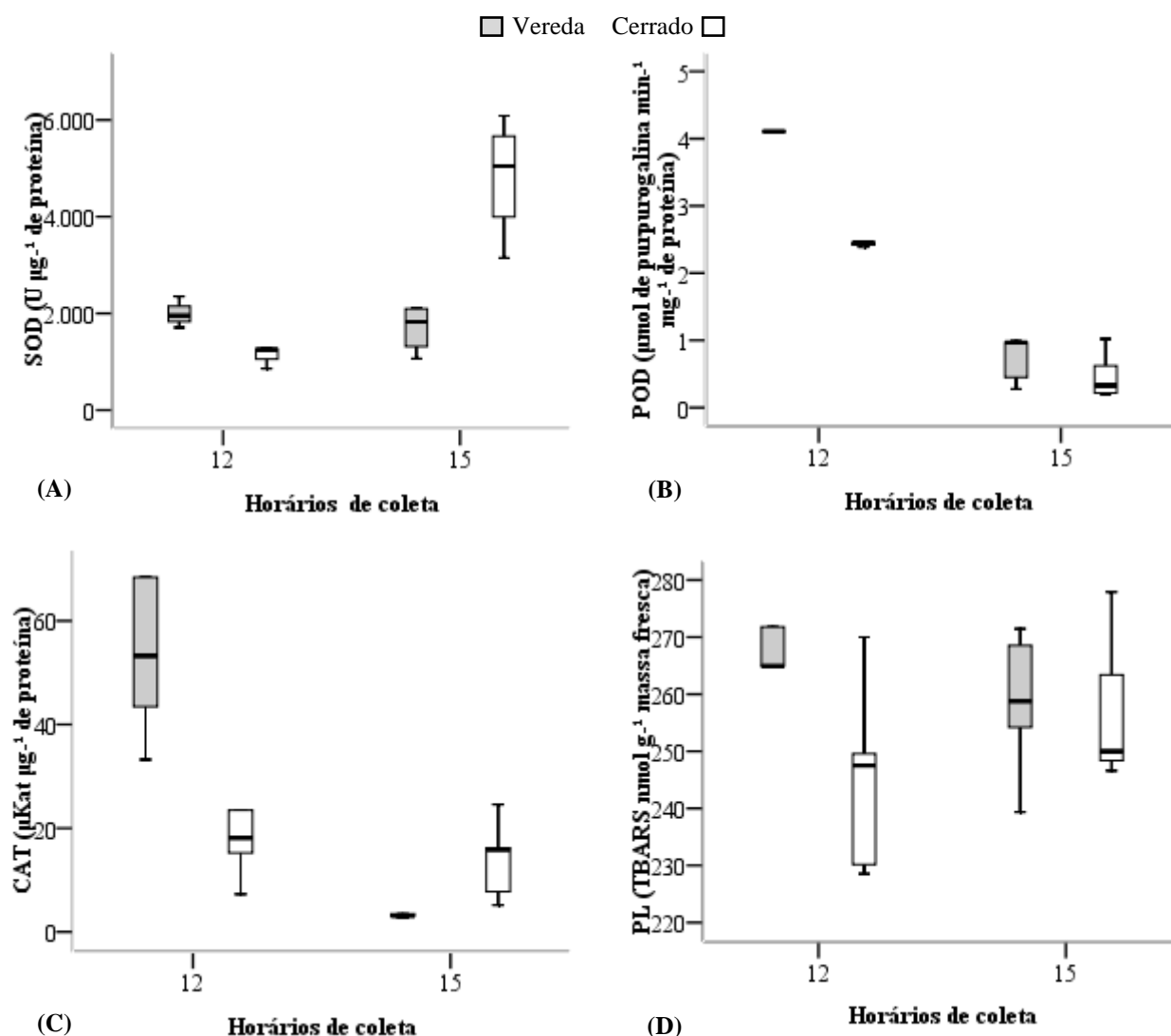


Figura 1 - Atividade da superóxido dismutase (SOD) (A), peroxidase (POD) (B) catalase (CAT) (C) e peroxidação lipídica (PL) (D) em indivíduos de *Miconia albicans* ocorrentes em cerrado *stricto sensu* e transição cerrado-vereda, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em abril de 2012. Barras superior, inferior e central representam valor máximo, mínimo e mediana, respectivamente.

Quanto à enzima peroxidase (POD), a maior atividade foi observada às 12 horas, tanto na transição cerrado-vereda quanto no cerrado (Figura 1B). Ao se comparar a atividade desta enzima nos dois ambientes, observa-se maior atividade em plantas de transição cerrado-vereda às 12 horas ($4,1 \mu\text{mol}$ de purpurogalina $\text{min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ proteína) e não foram observadas diferenças significativas entre as plantas dos dois ambientes, às 15 horas.

A catalase (CAT) apresentou comportamento similar a da enzima peroxidase, com maior atividade em plantas de transição cerrado-vereda às 12 horas (1619% superior ao

horário de 15 horas). Para as plantas do cerrado não foram observadas diferenças significativas na atividade da enzima entre os dois horários de coleta (Figura 1C).

A quantificação da peroxidação lipídica, que mede o dano celular proporcionado pelos radicais livres, não mostrou diferença entre horários e entre ambientes (Figura 1D), tendo sido registrada grande amplitude nos dados para os dois ambientes. A partir disto, pode-se inferir que os indivíduos responderam de forma diferenciada ao dano oxidativo, levando à maior variação nos valores desta variável em relação às demais variáveis quantificadas.

Indivíduos de *Miconia fallax* mostraram comportamento similar aos de *M. albicans* no mesmo mês de coleta. No cerrado ocorreu aumento da atividade da superóxido dismutase às 15 horas (100,3%) e na transição cerrado-vereda as plantas apresentaram diminuição da atividade neste mesmo horário (27,5%) (Figura 2A).

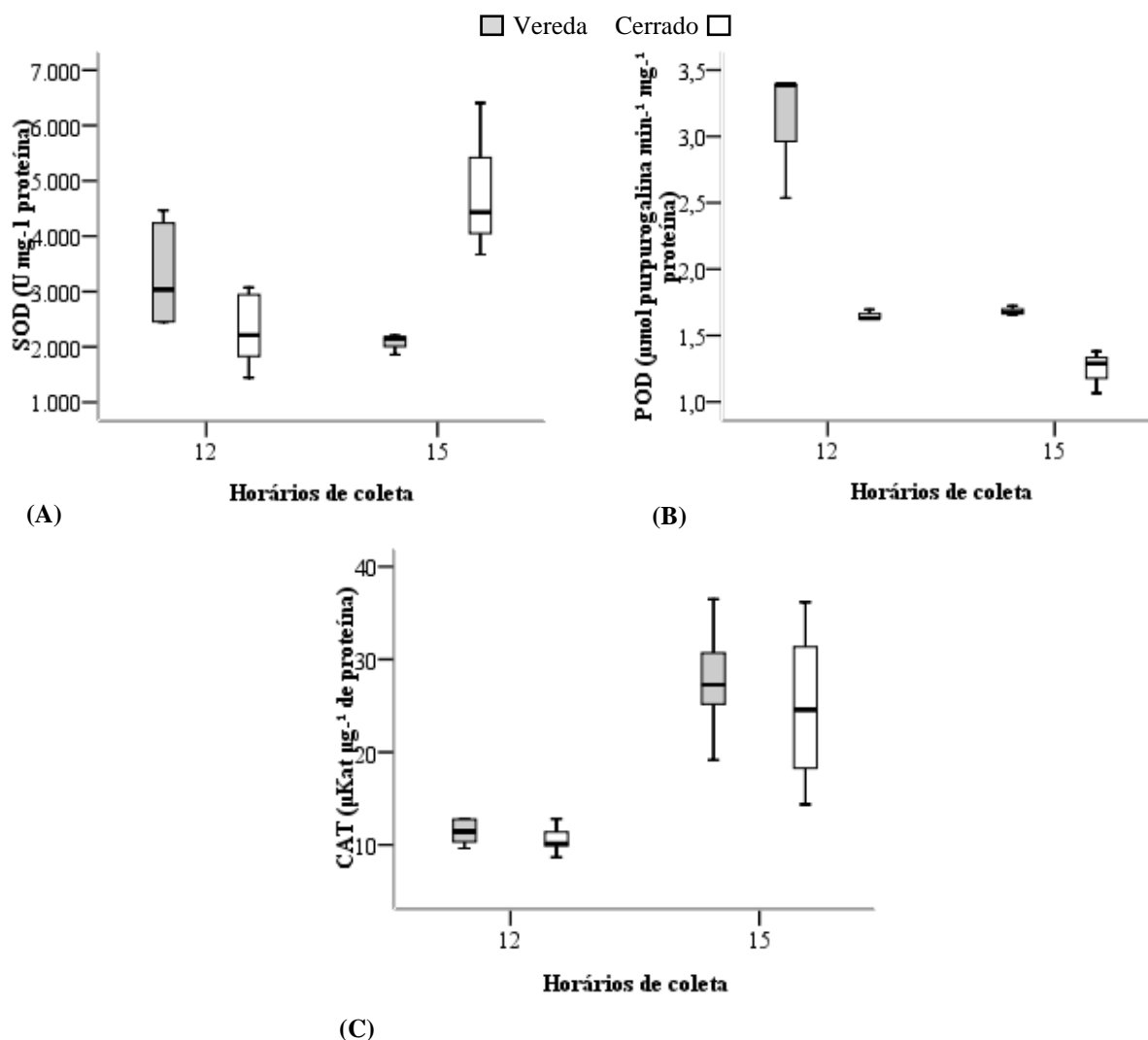


Figura 2 - Atividade da superóxido dismutase (SOD) (A), peroxidase (POD) (B) e catalase (CAT) (C) em indivíduos *Miconia fallax* ocorrentes em transição cerrado-vereda e cerrado *stricto sensu*, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em abril de 2012. Barras superior, inferior e central representam valor máximo, mínimo e mediana, respectivamente.

A atividade da peroxidase foi 102,9% maior às 12 horas em plantas da transição cerrado-vereda, quando comparada com a atividade às 15 horas (Figura 2B). As plantas do cerrado também apresentaram maior atividade desta enzima às 12 horas ($1,63 \mu\text{mol}$ de purpurogalina $\text{min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ proteína). Quando realizada a comparação da atividade da enzima entre plantas dos dois ambientes, observa-se que na transição cerrado-vereda os indivíduos apresentaram maior atividade enzimática, sendo 66,7% e 29,5% superior ao cerrado às 12 e 15 horas, respectivamente.

Por outro lado, a catalase foi mais eficiente às 15 horas nos indivíduos dos dois ambientes (Figura 2C), sendo 138,5% e 141,9% superior às 12 horas, na transição cerrado-vereda e cerrado, respectivamente.

Durante a estação seca (junho de 2012) a enzima superóxido dismutase não apresentou diferença em sua atividade nos diferentes horários de coleta (Figura 3A); porém, no cerrado sua atividade aumentou 103,5% às 10 horas em relação à transição cerrado-vereda. Esta enzima também apresentou elevado intervalo de confiança às 8 horas em plantas do cerrado, o que pode ter dificultado a detecção de diferença entre ambientes e horários.

A atividade da enzima peroxidase não diferiu significativamente ao longo do dia em indivíduos de transição cerrado-vereda, exceto às 10 e 16 horas em que ocorreu aumento de 26% na atividade da enzima no último horário (Figura 3B). A maior atividade desta enzima ocorreu às 8 horas, em plantas do cerrado, com aumento de 276,5; 83,5; 351,5 e 85% em relação ao que foi registrado às 10, 12, 14 e 16 horas, respectivamente. Às 8 horas também foi observada superioridade da atividade da enzima em plantas do cerrado em relação à transição cerrado-vereda (148,9%).

A catalase apresentou dois picos de atividade nos indivíduos da transição cerrado-vereda, um às 8 e outro às 16 horas (Figura 3C). No cerrado houve redução de 35% e 74,2% na atividade desta enzima às 14 horas, quando comparada com 8 e 10 horas, respectivamente. Analisando-se a atividade da enzima nos dois ambientes, as plantas do cerrado apresentaram maior atividade às 10 horas (511,2% superior) e as plantas de transição cerrado-vereda às 16 horas (104,2% superior). A peroxidação lipídica no cerrado apresentou valores menores às 8 horas (Figura 3D).

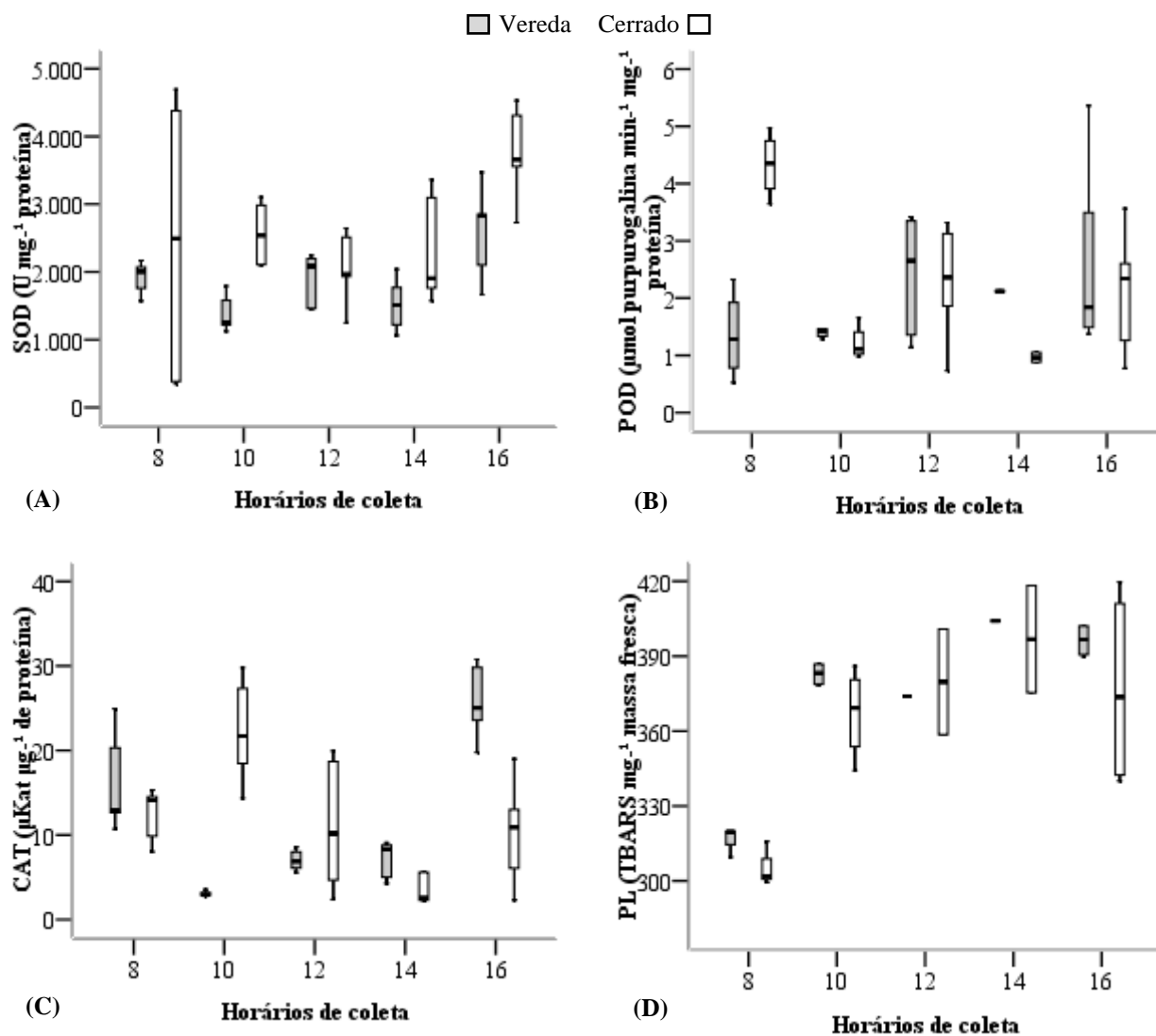


Figura 3 - Atividade da superóxido dismutase (SOD) (A), peroxidase (POD) (B), catalase (CAT) (C) e peroxidação lipídica (PL) (D) em indivíduos de *Miconia albicans* ocorrentes em transição cerrado-vereda e cerrado *stricto sensu*, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em junho de 2012. Barras superior, inferior e central representam valor máximo, mínimo e mediana, respectivamente.

A atividade da enzima nitrato redutase apresentou os menores valores às 8 horas em transição cerrado-vereda e cerrado (Figura 4A). Outra característica observada para esta enzima é que nos horários de 10, 12 e 16 horas sua atividade foi mais elevada na transição cerrado-vereda.

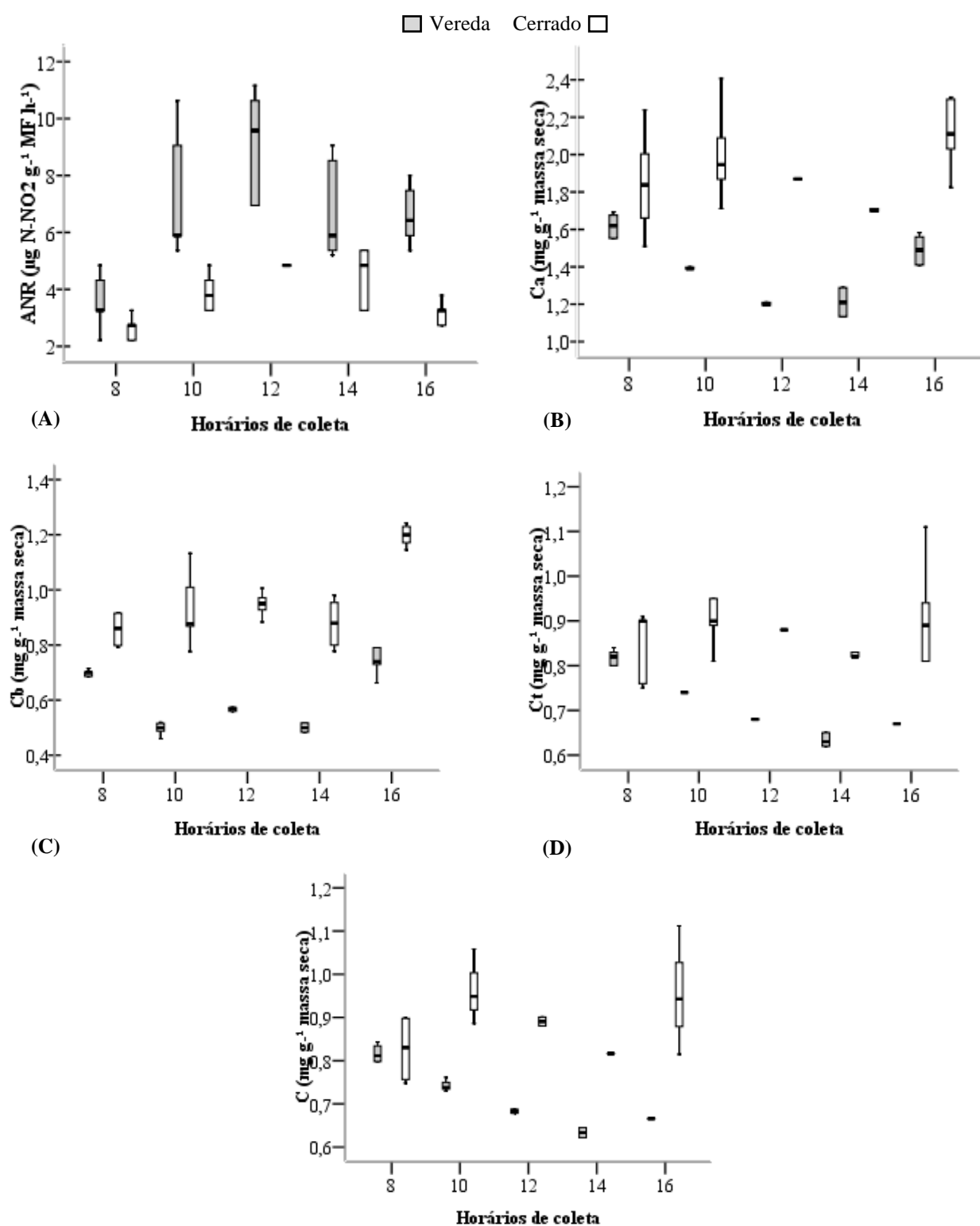


Figura 4 - Atividade da nitrato redutase (ANR) (A), teor de clorofila a (Ca) (B), clorofila b (Cb) (C) clorofila total (Ct) (D) e carotenóides (C) (E) em indivíduos de *Miconia albicans* ocorrentes em transição cerrado-vereda e cerrado *stricto sensu*, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em junho de 2012. Barras superior, inferior e central representam valor máximo, mínimo e mediana, respectivamente.

O conteúdo de pigmentos fotossintéticos variou ao longo do dia (Figuras 4B, C, D e E). O teor de clorofila *a* foi maior às 8 e 16 horas na transição cerrado-vereda (1,68 e 1,56 mg g⁻¹ massa seca, respectivamente). A clorofila *b* apresentou-se em maior quantidade nas plantas de transição cerrado-vereda às 8 e 16 horas (0,72 e 0,73 mg g⁻¹ massa seca, respectivamente) e no cerrado às 16 horas (1,23 mg g⁻¹ massa seca). No geral, as plantas apresentaram maior teor de clorofilas *a*, *b*, total e carotenoides no cerrado.

A superóxido dismutase não seguiu um comportamento padrão nos diferentes horários do dia em *Miconia fallax* na transição cerrado-vereda (Figura 5A). Por outro lado, no cerrado *stricto sensu*, não se observou diferenças entre os diferentes horários de coleta. Ao serem comparados os dois ambientes, pode-se verificar que em todos os horários as plantas do cerrado apresentaram maior atividade da superóxido dismutase.

A enzima peroxidase também não diferiu entre os diferentes horários em indivíduos da transição cerrado-vereda (Figura 5B) e no cerrado ocorreu diminuição na atividade da enzima às 14 e 16 horas (87,2 e 61% respectivamente), em relação as 12 horas. Quando comparados os dois ambientes, observa-se que a partir das 12 horas as plantas da transição cerrado-vereda passaram a apresentar maior atividade em relação às do cerrado.

Quanto à enzima catalase, às 10 horas em plantas do cerrado foi mensurada a maior atividade (27,1 µKat µg⁻¹ proteína). Nos demais horários ocorreu diminuição da atividade da enzima (Figura 5C). As plantas de transição cerrado-vereda também mostraram maior atividade às 8 horas (27,5 µKat µg⁻¹ proteína), valor que não diferiu somente com aos valores registrados às 12 horas (22,1 µKat µg⁻¹ proteína). Ao serem comparados os dois ambientes, observa-se que as plantas do cerrado apresentaram maior atividade desta enzima às 8 e 16 horas (91,8 e 225,9%, respectivamente). Por outro lado, às 14 horas, foi verificado aumento da atividade para as plantas de transição cerrado-vereda.

A peroxidação lipídica não mostrou diferenças significativas em plantas de transição cerrado-vereda em diferentes horários de coleta (Figura 5D). Por outro lado, no cerrado foi quantificada maior peroxidação lipídica às 16 horas (472,9 TBARS mg⁻¹ massa fresca), valor que não diferiu somente de 8 horas. No cerrado, também foram observadas diferenças entre 8 e 10 horas, com diminuição da peroxidação lipídica às 10 horas. Quando comparados os dois ambientes de coleta, observa-se que às 10, 12 e 16 horas ocorreu maior peroxidação lipídica em indivíduos da transição cerrado-vereda.

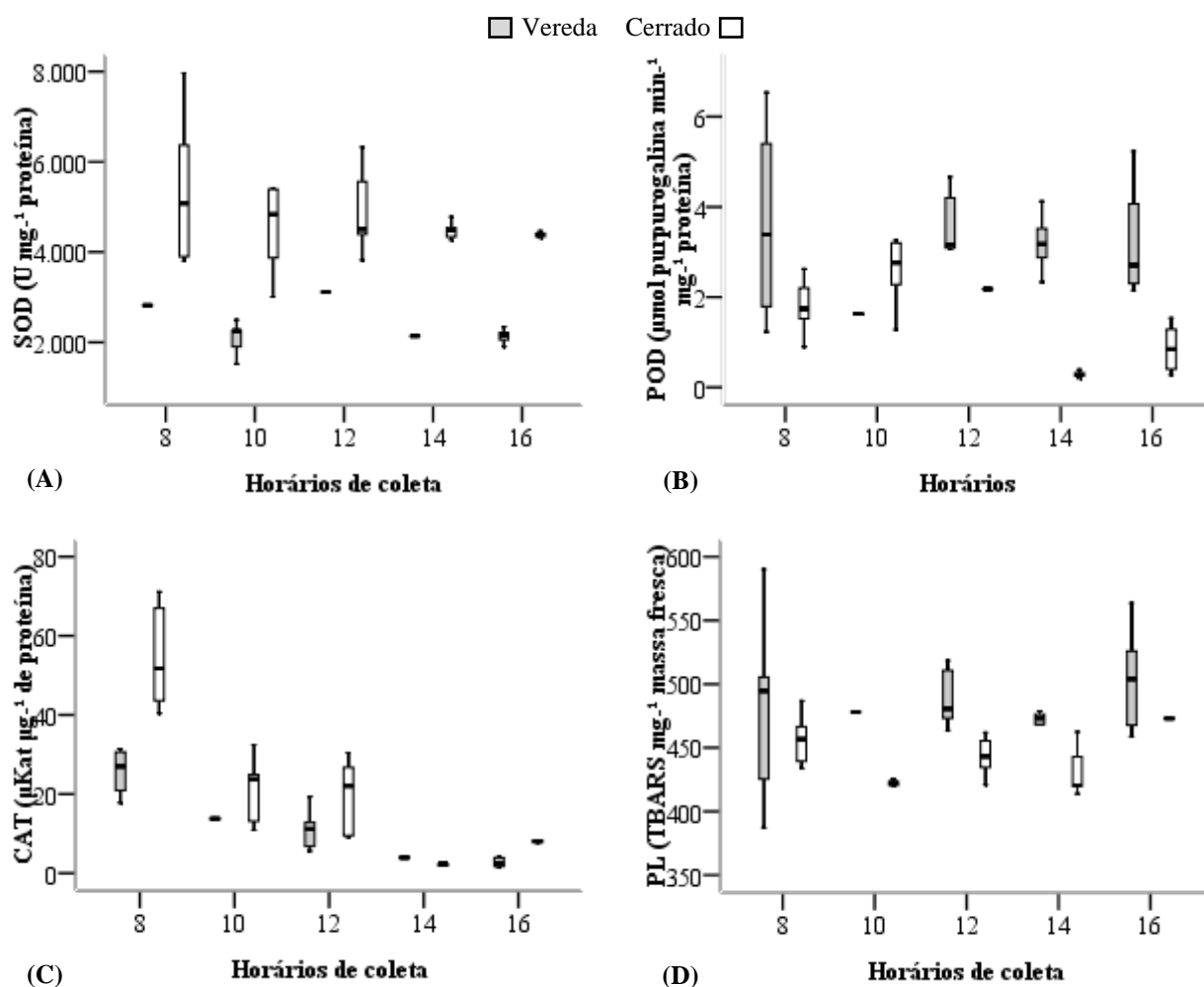


Figura 5 - Atividade da superóxido dismutase (SOD) (A), peroxidase (POD) (B), catalase (CAT) (C) e peroxidação lipídica (PL) (D) em indivíduos de *Miconia fallax* ocorrentes em transição cerrado-vereda e cerrado *stricto sensu*, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em junho de 2012. Barras superior, inferior e central representam valor máximo, mínimo e mediana, respectivamente.

Outra enzima avaliada em *Miconia fallax* foi a nitrato redutase que apresentou variação de atividade às 8 e 10 horas na transição cerrado-vereda, com aumento de 47,5% na atividade desta enzima às 10 horas (Figura 6A). O conteúdo de clorofilas *a*, *b*, clorofilas totais e carotenoides não variou ao longo do dia (Figuras 6B, C, D e E). Comportamento semelhante a *M. albicans* foi observado em *M. fallax* com relação aos pigmentos fotossintéticos, em que se observa, na maior parte dos horários, maior teor destes pigmentos em plantas do cerrado, exceto para 8 e 16 horas, em que não foram observadas diferenças entre os ambientes.

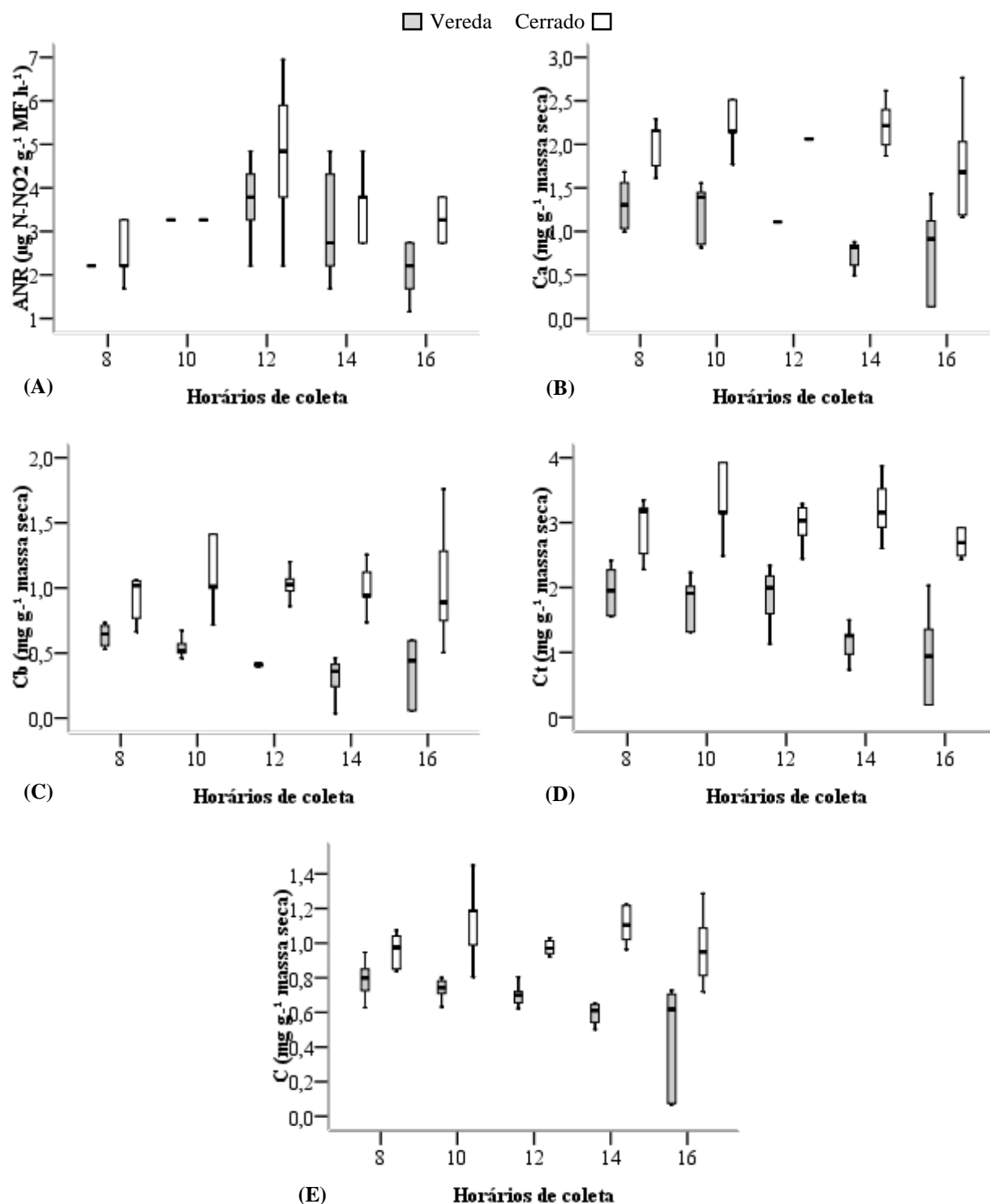


Figura 6 - Atividade da nitrato redutase (ANR) (A), teor de clorofila a (Ca) (B), clorofila b (Cb) (C) clorofila total (Ct) (D), carotenóides (C) (E) em indivíduos de *Miconia fallax* em transição cerrado-vereda e cerrado *stricto sensu*, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em junho de 2012. Barras superior, inferior e central representam valor máximo, mínimo e mediana, respectivamente.

Durante o período da manhã, em transição cerrado-vereda, foi possível observar menor temperatura do que no cerrado *stricto sensu* (Figura 7A), no entanto, a partir de 12 horas o cerrado passou a apresentar menor temperatura. A umidade do ar manteve-se mais elevada em transição cerrado-vereda até 12 horas (Figura 7B). Com relação à radiação fotossinteticamente ativa (RFA), a transição cerrado-vereda apresentou maiores valores em todos os horários de coleta (Figura 7C), sendo o pico de RFA registrado às 12 horas.

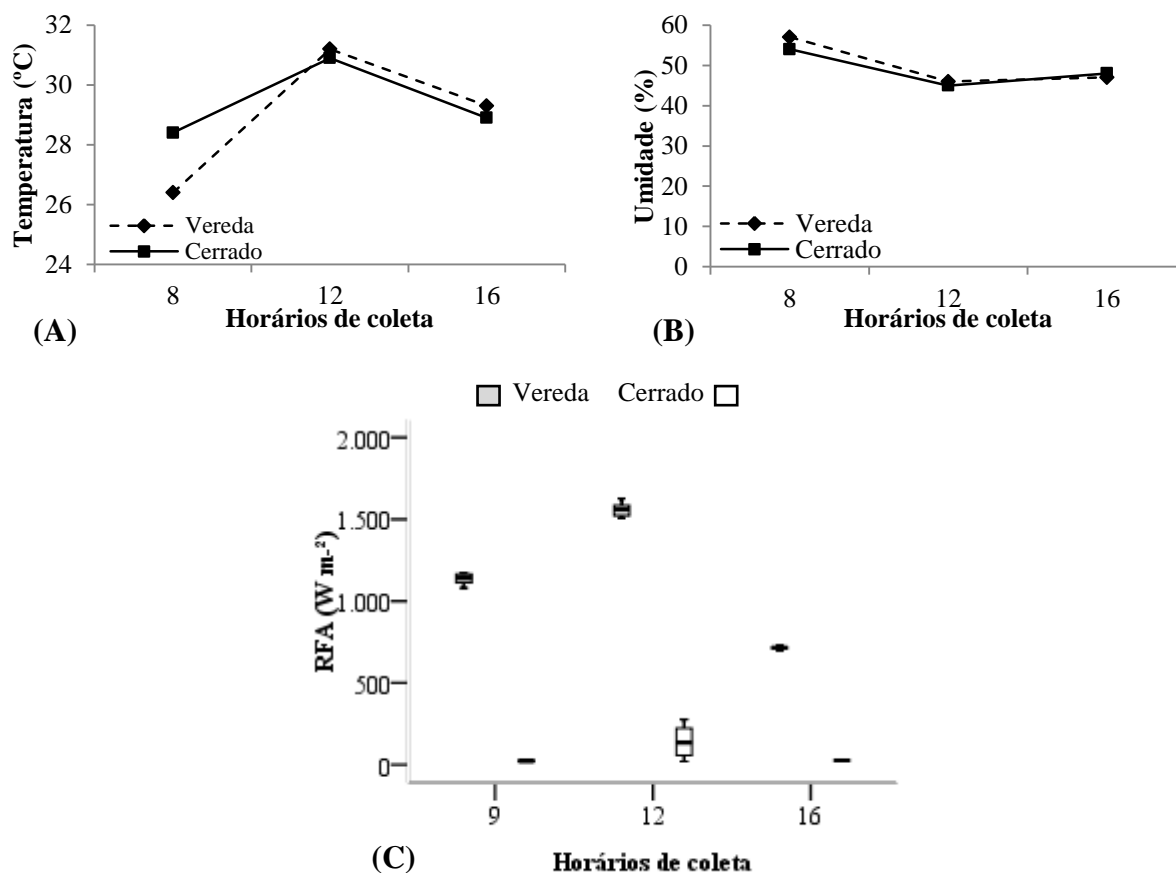


Figura 7 - Temperatura do ar (A), umidade do ar (B) radiação fotossinteticamente ativa (RFA) em transição cerrado-vereda e cerrado *stricto sensu*, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em junho de 2012. Barras superior, inferior e central representam valor máximo, mínimo e mediana, respectivamente.

Os valores obtidos na coleta realizada no final da estação seca (setembro de 2012) mostraram que as enzimas superóxido dismutase e peroxidase não possuem atividade diferenciada ao longo do dia em plantas de *Miconia albicans* (Figuras 8A e B). Além disso, não existem diferenças entre os ambientes de coleta.

A catalase apresentou maior atividade às 10 horas em plantas da transição cerrado-vereda ($137,5 \mu\text{Kat } \mu\text{g}^{-1} \text{ proteína}$), valor que não diferiu de 8 e 14 horas (Figura 8C). As plantas do cerrado não apresentaram variação de atividade ao longo do dia. Na transição

cerrado-vereda a maior atividade foi observada às 10 e 14 horas (3932,2 e 1308,8%, respectivamente) quando comparada com plantas do cerrado.

A quantificação da peroxidação lipídica também mostrou que não há diferenças significativas ao longo do dia em plantas dos dois ambientes estudados, não sendo observadas diferenças entre os ambientes de coleta (Figura 8D).

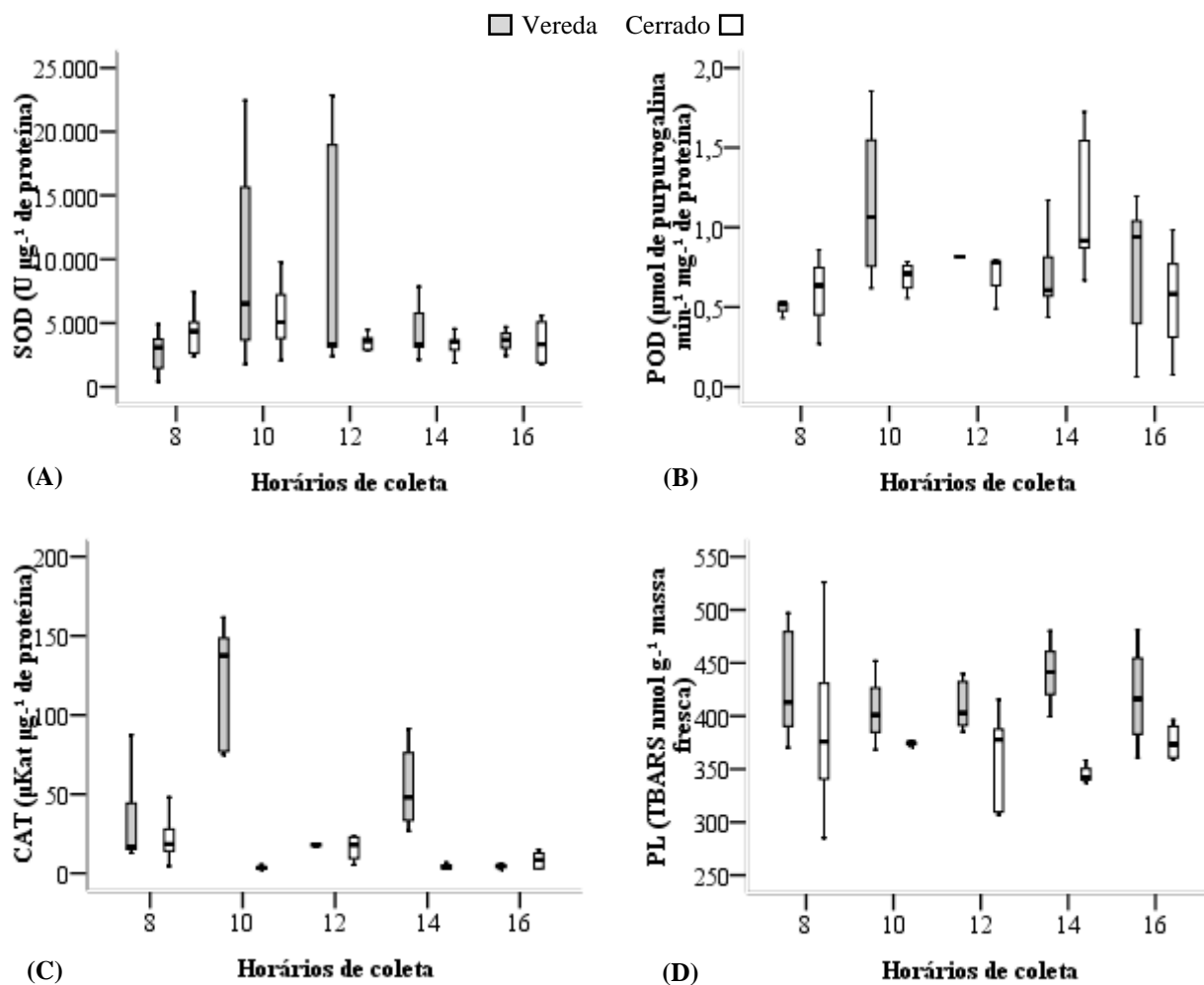


Figura 8 - Atividade da superóxido dismutase (SOD) (A), peroxidase (POD) (B), catalase (CAT) (C) e peroxidação lipídica (PL) (D) em indivíduos de *Miconia albicans* em transição cerrado-vereda e cerrado *stricto sensu*, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em setembro de 2012. Barras superior, inferior e central representam valor máximo, mínimo e mediana, respectivamente.

A transpiração não apresentou diferenças significativas em plantas de cerrado *stricto sensu* (Figura 9A); no entanto, as plantas de transição cerrado-vereda apresentaram maior taxa transpiratória às 12 e 15 horas. Quanto à atividade fotossintética, as plantas de transição cerrado-vereda mostraram a menor atividade fotossintética às 12 horas ($1,89 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), valor que não diferiu de 17 horas ($2,63 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Por outro lado, as plantas de

transição cerrado-vereda se mostraram mais eficientes quanto à fotossíntese às 12 horas (Figura 9B).

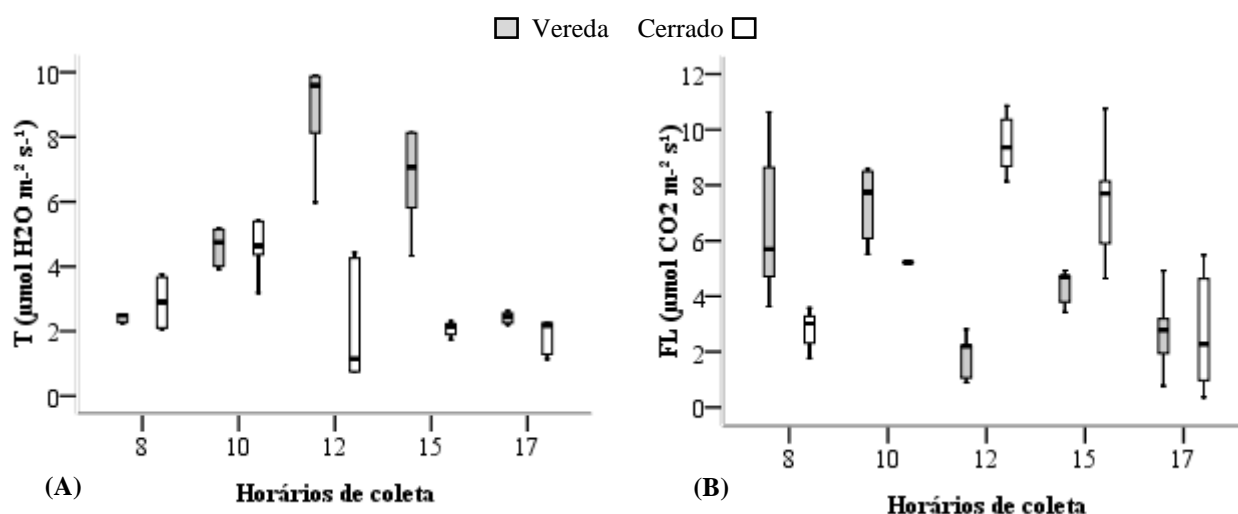


Figura 9 - Transpiração (T) (A) e fotossíntese líquida (FL) (B) em indivíduos de *Miconia albicans* em transição cerrado-vereda e cerrado *stricto sensu*, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em setembro de 2012. Barras superior, inferior e central representam valor máximo, mínimo e mediana, respectivamente.

A atividade da enzima nitrato redutase não diferiu ao longo do dia entre os diferentes horários do dia em transição cerrado-vereda (Figura 10A). No cerrado observou-se uma oscilação na atividade desta enzima ao longo do dia, não sendo possível observar um comportamento padrão. Além disso, as plantas dos dois ambientes de coleta não apresentaram diferenças significativas para esta enzima.

Os pigmentos fotossintéticos não apresentaram diferenças entre os diferentes horários do dia em plantas dos dois ambientes avaliados (Figura 10B, C, D e E). Às 12 horas as plantas de transição cerrado-vereda apresentaram maior conteúdo de clorofila *a* e total (16,8 e 9,2) em relação ao cerrado. Por outro lado, neste mesmo horário, as plantas de cerrado apresentaram maior teor de carotenoides (7,2%) em relação à transição cerrado-vereda (Figura 12E).

Outra característica observada é que as plantas de transição cerrado-vereda apresentam maior intervalo de confiança dos valores coletados ao longo do dia, característica que pode estar relacionada à maior variabilidade intraespecífica entre os indivíduos.

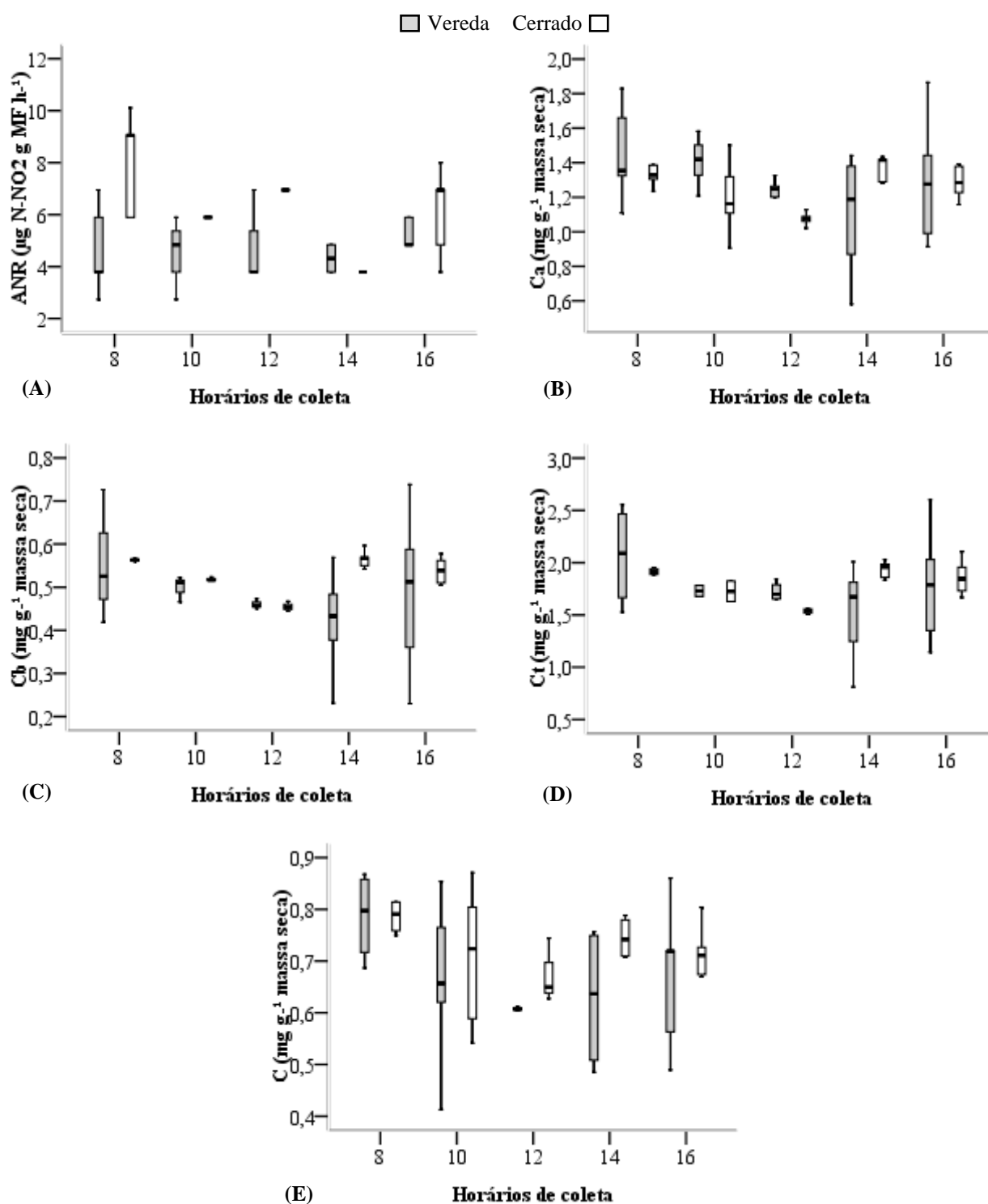


Figura 10 - Atividade da nitrato redutase (ANR) (A), teor de clorofila a (Ca) (B), clorofila b (Cb) (C) clorofila total (Ct) (D) e carotenóides (C) (E) em indivíduos de *Miconia albicans* em transição cerrado-vereda e cerrado *stricto sensu*, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em setembro de 2012. Barras superior, inferior e central representam valor máximo, mínimo e mediana, respectivamente.

Miconia fallax também não apresentou variação na atividade da enzima SOD ao longo do dia nos dois ambientes estudados (Figura 11A), exceto às 10 horas, que foi semelhante apenas às 8 horas na transição cerrado-vereda.

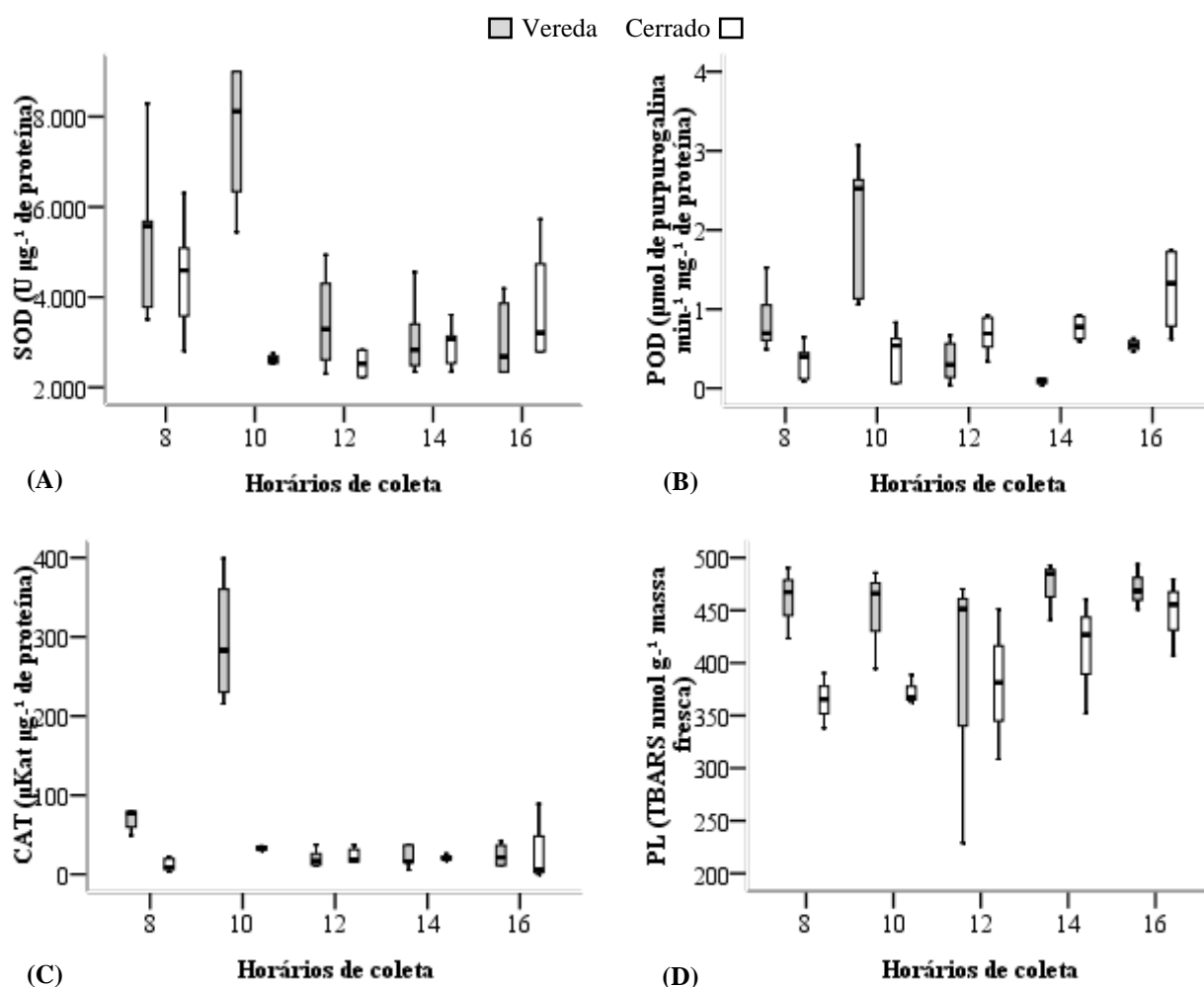


Figura 11 - Atividade da superóxido dismutase (SOD) (A), peroxidase (POD) (B), catalase (CAT) (C) e peroxidação lipídica (PL) (D) em indivíduos de *Miconia fallax* em transição cerrado-vereda e cerrado *stricto sensu*, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em setembro de 2012. Barras superior, inferior e central representam valor máximo, mínimo e mediana, respectivamente.

Quanto à enzima peroxidase, somente foram observadas diferenças em plantas de transição cerrado-vereda, onde às 10 horas houve maior atividade da enzima com relação aos horários posteriores do dia (Figura 11B). Ao serem comparados os dois ambientes, observa-se que às 10 horas ocorre maior atividade em indivíduos de transição cerrado-vereda (278,4% superior) e às 14 e 16 horas, em plantas do cerrado (310,1 e 157,9% superior). A catalase apresentou pico de atividade às 10 horas na transição cerrado-vereda (295,2 μKat μg^{-1} proteína) e nos demais horários não foram observadas diferenças (Figura 11C).

A quantificação da peroxidação lipídica também não variou ao longo do dia nos dois ambientes, exceto às 8 e 10 horas em que foi observada maior atividade em plantas da transição cerrado-vereda (21,5 e 23,4%, respectivamente), em comparação com o cerrado (Figura 11D).

A transpiração de *Miconia fallax* nos dois ambientes aumentou até 12 horas (Figura 12A) e após este horário foram observados decréscimos na transpiração (68,56 e 55,28% em cerrado e transição cerrado-vereda, respectivamente, em relação às 12 horas). A fotossíntese líquida apresentou diferenças entre os ambientes de coleta somente às 8 horas (Figura 12B), em que as plantas de transição cerrado-vereda se mostraram mais eficientes do que as do cerrado.

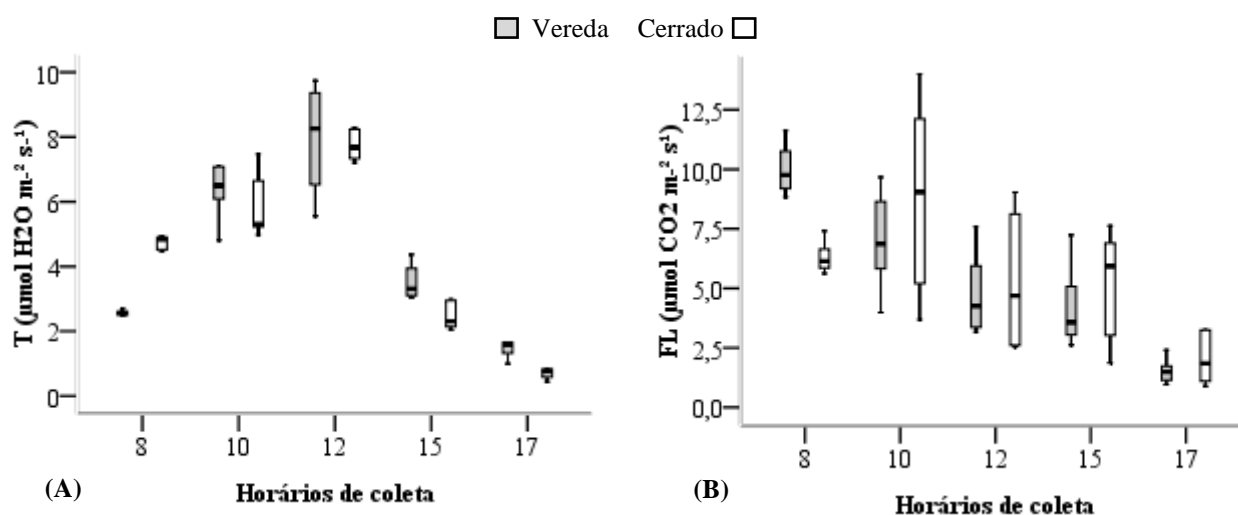


Figura 12 - Transpiração (T) (A) e fotossíntese líquida (FL) (B) em indivíduos de *Miconia fallax* em transição cerrado-vereda e cerrado *stricto sensu*, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em setembro de 2012. Barras superior, inferior e central representam valor máximo, mínimo e mediana, respectivamente.

Quanto à enzima nitrato redutase, não foram observadas diferenças ao longo dos horários do dia em plantas da transição cerrado-vereda; no entanto, em indivíduos do cerrado ocorreu diminuição da atividade desta enzima às 16 horas (Figura 13A). Com relação à comparação entre transição cerrado-vereda e cerrado, somente foram observadas diferenças às 14 e 16 horas, em que às 14 horas foi registrada maior atividade em plantas do cerrado ($6,95 \mu\text{g N-NO}_2 \text{g}^{-1} \text{ massa fresca h}^{-1}$) e às 16 horas na transição cerrado-vereda ($5,89 \mu\text{g N-NO}_2 \text{g}^{-1} \text{ massa fresca h}^{-1}$).

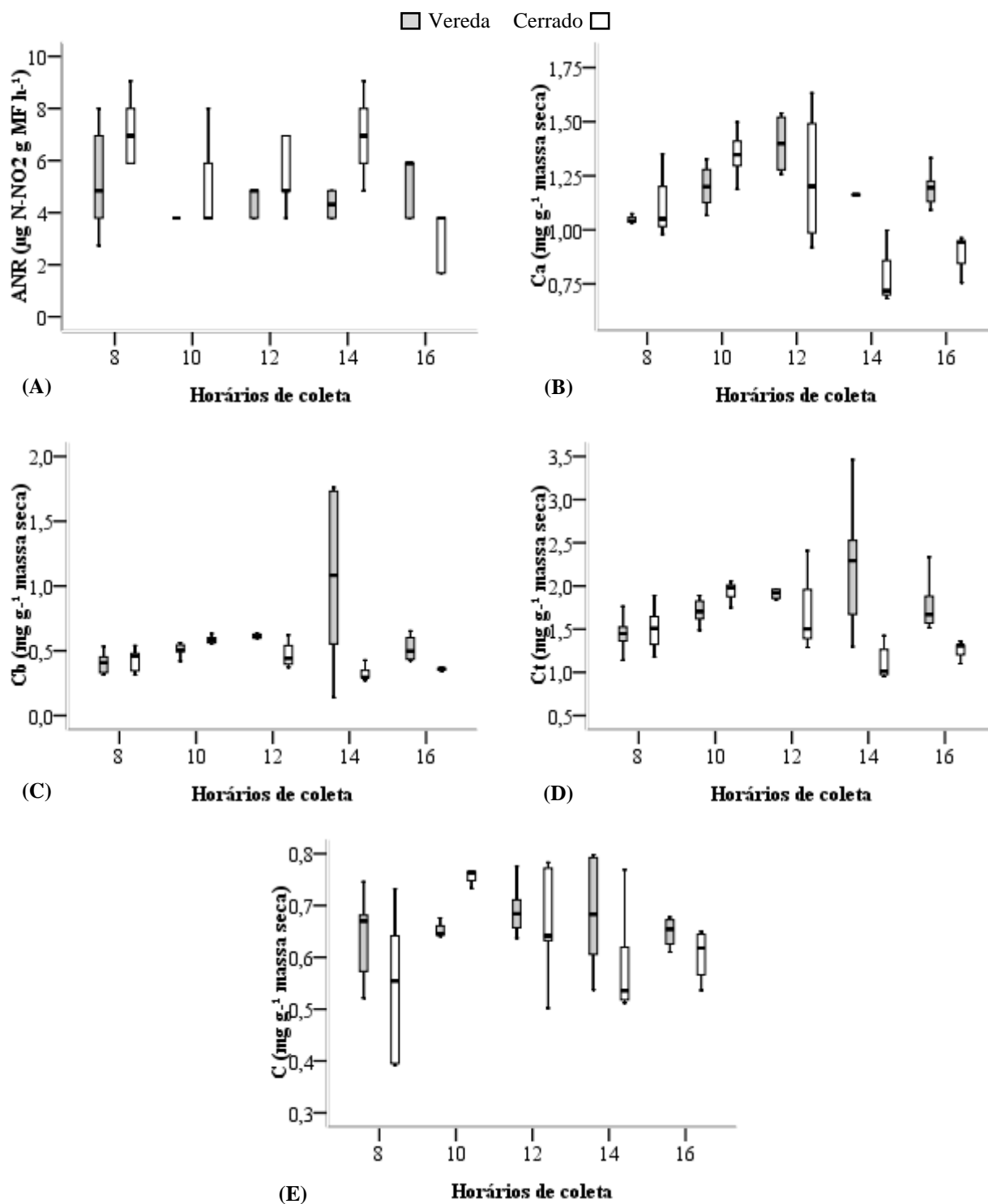


Figura 13 - Atividade da nitrato redutase (ANR) (A), teor de clorofila a (Ca) (B), clorofila b (Cb) (C) clorofila total (Ct) (D) e carotenóides (C) (E) em indivíduos de *Miconia fallax* em transição cerrado-vereda e cerrado *stricto sensu*, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em setembro de 2012. Barras superior, inferior e central representam valor máximo, mínimo e mediana, respectivamente.

As clorofilas e carotenoides não variaram ao longo do dia nos dois ambientes de estudo (Figuras 13B, C, D e E), exceto às 16 horas, horário em que as plantas de transição

cerrado-vereda apresentaram maior teor de clorofilas *a*, *b* e total, em comparação com o cerrado.

A temperatura durante o período da manhã foi mais elevada no cerrado *stricto sensu* (Figura 14A), mas a partir das 14 horas observou-se aumento da temperatura na transição cerrado-vereda (42°C). A umidade manteve-se mais alta na transição cerrado-vereda até às 12 horas (Figura 14B). Após este período o cerrado passou a apresentar maior umidade. Quanto à radiação fotossinteticamente ativa, observa-se que em transição cerrado-vereda o maior valor é encontrado às 12 horas (Figura 14C) e no cerrado *strictu sensu* a maior RFA foi registrada às 10 horas (1623,7 W m⁻²).

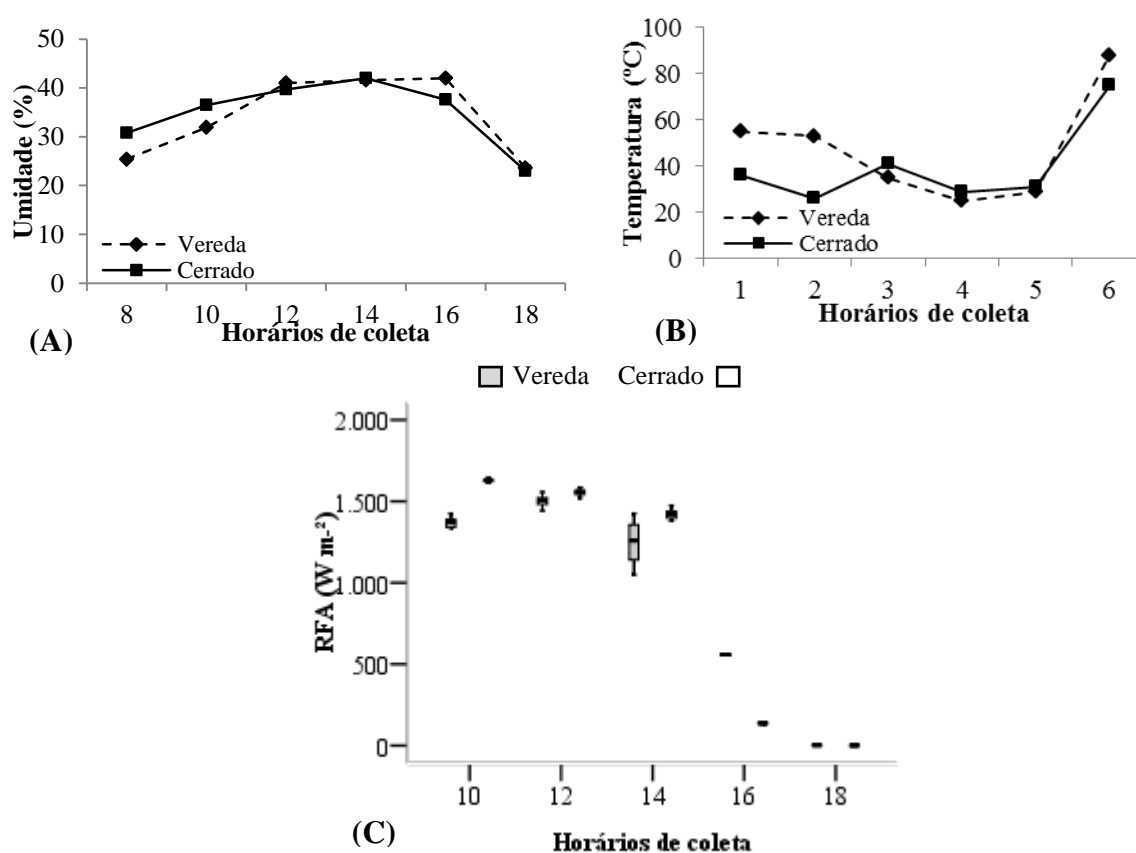


Figura 14 - Temperatura do ar (A), umidade do ar (B) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA) (C) em transição cerrado-vereda e cerrado *stricto sensu*, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em setembro de 2012. Barras superior, inferior e central representam valor máximo, mínimo e mediana, respectivamente.

As análises de solo realizadas em setembro de 2012 mostraram que o pH foi mais baixo no cerrado *stricto sensu* (pH 5,0) (Figura 15A) e isto levou ao aumento na quantidade de alumínio disponível para as plantas (0,8 cmol_c dm⁻³) (Figura 15B). Com relação ao teor de

água do solo, o centro da transição cerrado-vereda apresentou maior quantidade de água (62,7%), quando comparada com a borda e com o cerrado *stricto sensu* (Figura 15C).

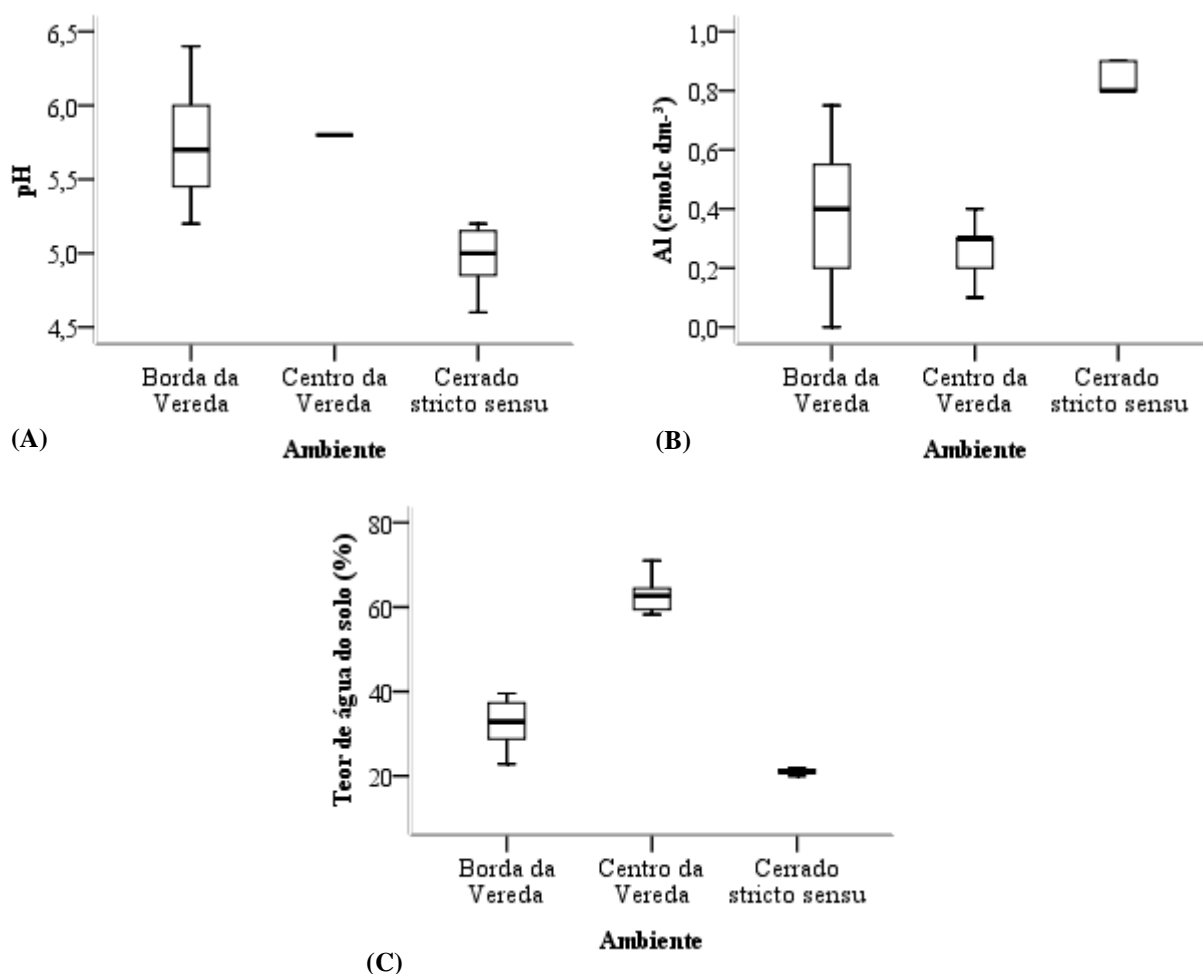


Figura 15 - Valores de pH (A), teor de alumínio (Al) (B) e teor de água (C) no solo nos diferentes ambientes no momento da coleta em setembro de 2012. Uberlândia-MG 2012. Barras superior, inferior e central representam valor máximo, mínimo e mediana, respectivamente.

O teor de alumínio em folhas de *Miconia albicans* não apresentou diferenças entre os dois ambientes de coleta (Figura 16A); no entanto, observa-se que as plantas de cerrado apresentam maior variabilidade dos dados em comparação com a transição cerrado-vereda. *M. fallax* apresentou maior quantidade de alumínio em folhas de plantas da transição cerrado-vereda (11610 mg kg⁻¹) (Figura 16B).

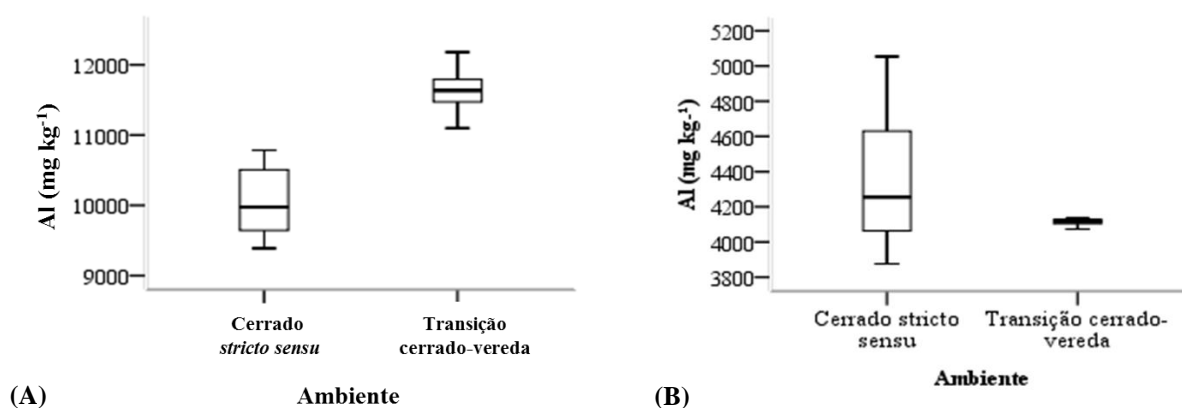


Figura 16 - Teor de alumínio foliar em *Miconia fallax* (A) e *Miconia albicans* (B) em ambiente de transição cerrado-vereda e cerrado *stricto sensu* no momento da coleta em setembro de 2012. Uberlândia-MG 2012. Barras superior, inferior e central representam valor máximo, mínimo e mediana, respectivamente.

4 Discussão

Em função dos resultados obtidos no final da estação chuvosa (abril de 2012), pode-se verificar elevada atividade da enzima superóxido dismutase às 15 horas em indivíduos de *Miconia albicans* e *M. fallax* que ocorrem no cerrado *stricto sensu*. A elevada atividade da SOD repercute na produção de H₂O₂ que é reduzido ou dismutado pelas enzimas POD e CAT, respectivamente (Chaudière & Ferrari-Iliou 1999). No entanto, quando se compara estas enzimas com a atividade da SOD, verifica-se uma incompatibilidade, pois o esperado é que quanto maior a atividade desta enzima, maior seria a atividade da CAT e POD, que atuam sobre o H₂O₂. Isto possivelmente está relacionado à produção de H₂O₂ por outras vias, como por exemplo, pela fotorrespiração, por meio da enzima glicolato oxidase (Dat *et al.* 2000, Taiz e Zeiger 2009).

A atividade da enzima peroxidase foi maior em plantas de transição cerrado-vereda do que em cerrado. Esta enzima depende de energia proveniente da fotossíntese para manter suas reações e provavelmente a transição cerrado-vereda proporcionou melhores condições para o aumento da taxa fotossintética nestas plantas. As peroxidases utilizam alguns substratos energéticos como o ascorbato ou a glutatona em suas reações de redução. Desta forma, esta enzima pode utilizar duas moléculas de glutatona para reduzir uma molécula de H₂O₂, formando uma molécula de glutatona oxidada (GSSG) e 2H₂O (Mittler *et al.* 2004). No entanto, para que estas reações possam continuar ocorrendo, a glutatona oxidada precisa ser regenerada para formar a glutatona reduzida novamente e esta regeneração é realizada pela enzima glutatona redutase, utilizando energia do NAD(P)H, proveniente da fotossíntese. (Gratão *et al.* 2005). Da mesma forma, quando a peroxidase utiliza o ascorbato como

substrato energético, este precisa ser regenerado e esta reação é realizada utilizando também energia do NAD(P)H (Mittler *et al* 2004).

Quanto aos dados obtidos na estação seca (junho de 2012), observa-se que indivíduos de *Miconia albicans* apresentaram maior atividade da enzima nitrato redutase na transição cerrado-vereda. A redução do nitrato a nitrito pela enzima nitrato redutase ocorre por meio da utilização de energia proveniente do NADH (Lea 1997). Sendo assim, ambientes com melhor disponibilidade hídrica podem proporcionar melhores condições para o aumento da produção de NADH e, consequentemente, maior atividade da enzima nitrato redutase.

Na transição cerrado-vereda também foi registrada maior quantidade de radiação fotossinteticamente ativa, o que também pode ter favorecido a atividade fotossintética. A eficiência do processo fotossintético depende das reações que ocorrem na fase fotoquímica, por meio da utilização da radiação fotossinteticamente ativa para a síntese de ATP e NADH (Monteith 1977, Taiz & Zeiger 2009).

A peroxidação lipídica no cerrado apresentou menores valores às 8 horas. Isto pode ser decorrente da maior atividade da peroxidase neste horário o que, de acordo com Blokhina *et al.* (2003), leva à redução dos radicais peróxido de hidrogênio na célula e, consequentemente, redução nos danos à membrana lipídica.

Os dados coletados no final da estação seca (setembro de 2012) mostraram que as plantas das três espécies estudadas apresentaram poucos pontos com diferença significativa, devido à maior variação dos dados para todas as variáveis bioquímicas e fisiológicas estudadas. De acordo com Palhares *et al.* (2010), as plantas do cerrado podem apresentar diferentes comportamentos fisiológicos durante o período seco e isto reflete sua adaptação às condições adversas deste período, com altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar (Franco *et al.* 2007). Algumas espécies podem deprimir a taxa de assimilação de carbono em até 50%, como por exemplo, *Miconia albicans*, *M. ferruginata*, *Tibouchina stenocarpa* (Schr. & Mart. ex DC.) Cogn., *Roupala montana* Aubl. e *Qualea grandiflora* Mart. (Palhares *et al.* 2010). Possivelmente isto pode ter ocorrido com as espécies estudadas na Estação Ecológica do Panga, levando ao baixo metabolismo das plantas o que talvez tenha dificultado a detecção de diferenças significativas entre os ambientes e entre os diferentes horários de coleta.

Outro fator que também pode levar à diminuição do metabolismo destas plantas é a redução na taxa de transpiração em plantas de cerrado durante o período seco. Algumas espécies como *Miconia albicans*, *M. ferruginata*, *M. ligustroides* Haud, *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville, *S. obovatum* Benth. e *Tibouchina stenocarpa* apresentaram este comportamento (Palhares *et al.* 2010). Estes autores também mostram que para algumas

espécies foi verificada a ocorrência de abertura estomática noturna como em *Anacardium humile* St.-Hil., *Caesia cotinifolia* G. Don., *Curatella americana* L., *Cybistax antisiphilitica* Mart., *Davilla rugosa* Poiret e *Qualea grandiflora* Mart.. A restrição da perda de água por meio do fechamento dos estômatos é importante para a sobrevivência das plantas (Ngugi *et al.* 2004).

A taxa fotossintética em plantas de *Miconia albicans* da transição cerrado-vereda foi maior às 8 e 10 horas, enquanto no cerrado *stricto sensu* esta espécie apresentou maior taxa fotossintética às 12 e 15 horas. Esta pode ser uma forma de adaptação destas plantas, pois às 12 e 15 horas as temperaturas são mais elevadas na transição cerrado-vereda, o que pode comprometer a atividade fotossintética. Segundo Palhares *et al.* (2010), de modo geral as espécies de Cerrado podem diminuir a assimilação de carbono, especialmente entre 12 e 14 horas, período em que ocorrem temperaturas elevadas e baixa umidade relativa do ar, apesar de algumas espécies conseguirem manter a taxa de assimilação ao longo do dia, como por exemplo, *Miconia ligustroides* Haud. e *Vochysia elliptica* (Spr.) Mart.

Miconia fallax não apresentou diferenças na atividade fotossintética ao longo do dia. Trabalho realizado com esta espécie por Franco & Lüttge (2002) no cerrado de Brasília mostrou que ela consegue manter níveis adequados de água na célula sem a necessidade de fechamento estomático nos horários mais quentes do dia. Além disso, não foi constatada diminuição na atividade fotossintética das plantas, o que permite inferir que esta espécie consegue manter um padrão de atividade ao longo do dia.

Com relação à transpiração, os resultados obtidos corroboraram com a literatura, mostrando que as plantas têm maior transpiração nos horários mais quentes do dia (Larcher 2006, Gentil 2010).

Somavilla (2011) realizou estudo buscando avaliar diferenças no padrão fotossintético em *Macairea radula* (Bonpl.) DC. de vereda e cerrado *stricto sensu* de Brasília, não sendo observadas diferenças significativas na taxa de assimilação de CO₂ e transpiração entre as plantas dos dois ambientes na estação seca. Estes resultados foram semelhantes aos encontrados para *Miconia albicans* da Estação Ecológica do Panga.

Miconia albicans e *M. fallax* apresentaram maior teor de clorofilas *a*, *b* e carotenoides no cerrado *stricto sensu*, em comparação com a transição cerrado-vereda. No cerrado *stricto sensu* também foi registrada menor radiação fotossinteticamente ativa em relação à vereda. Esta característica pode ter feito com que as plantas deste ambiente elevassem o teor de pigmentos fotossintéticos, como forma de aumentar a captação de luz e, consequentemente, elevar a eficiência fotossintética. As clorofilas permanecem em constante processos de síntese

e degradação (foto-oxidação) sob radiações intensas, enquanto sob condições de baixa luminosidade as concentrações foliares tendem a aumentar (Kramer & Kozlowski 1979, Lima Junior *et al.* 2005).

Não foi verificada relação entre o teor de alumínio no solo e nas folhas de *Miconia albicans* e *M. fallax*. Em vereda, local que apresentou menor teor de Al no solo, foi onde as plantas apresentaram maior quantidade de alumínio nas folhas. Isto pode indicar a importância do alumínio para estas espécies, o que mostra a necessidade de estudos sobre o papel deste elemento nas espécies acumuladoras. *M. albicans* e *M. fallax* são classificadas na literatura como acumuladoras de alumínio (Haridasan 1987, Haridasan 2008), pois apresentam em seus tecidos mais de 1000 mg kg⁻¹ de Al (Weeb 1954); no entanto, não foi citada a quantidade deste elemento que estas plantas acumulam em seus tecidos. Para outras espécies como *M. ciliata*, *M. ferruginata*, *M. nervosa* e *M. pohliana*, foram encontrados registros de 16500, 4310, 9360 e 6130 mg kg⁻¹ de Al. Neste experimento foram encontrados 4134 e 10747 mg kg⁻¹ de Al em folhas de *M. albicans* e *M. fallax*, respectivamente, confirmando o acúmulo de alumínio nestas espécies.

Trabalho realizado por Haridasan (2006) mostra o crescimento de *Miconia fallax* em solução contendo 0,11 cmol_c dm⁻³ de alumínio, onde a espécie consegue se desenvolver até o florescimento sem nenhum efeito danoso do elemento. Esta concentração de alumínio é semelhante à observada para o cerrado *stricto sensu* onde ocorrem *M. albicans* e *M. fallax*, sendo constatada a presença de 0,8 cmol_c dm⁻³ de Al. Haridasan (1987) também mostra que a ocorrência de *M. albicans* parece sempre estar associada a solos ácidos. Esta característica foi evidenciada neste trabalho, pois o solo onde ela ocorre apresentou valores de pH 5,3 no entorno da vereda e pH 5,0 no cerrado *stricto sensu*, valores que podem ser considerados ácidos (Alvarez *et al.* 1999).

Nas condições de cerrado, constatou-se que *Miconia albicans* e *M. fallax* são semelhantes quanto à atividade das enzimas peroxidase e nitrato redutase. Além disso, os indivíduos das duas espécies que estão ocupando a transição cerrado-vereda apresentaram maior atividade enzimática, o que pode ser resultado da adaptação das duas espécies para ocuparem este ambiente.

Referências Bibliográficas

Aftab, T.; Khan, M.M.A.; Idrees, M.; Naeem, M. & Moinuddin. 2010. Effects of aluminium exposures on growth, photosynthetic efficiency, lipid peroxidation, antioxidant enzymes and artemisinin content of *Artemisia annua* L. **Journal of Phytology** **2**: 23-37.

Allan, A. C. & Fluhr, R. 1997. Two distinct sources of elicited reactive oxygen species in tobacco epidermal cells. **Plant Cell** **9**: 59-72.

Alvarez, V.; Novais, R.F.; Barros, N.F.; Canatrutti, R.B. & Lopes, A.S. 1999. Interpretação dos resultados das análises de solos. Pp. 25-42. In: Ribeiro, A.C.; Guimarães, P.T.G. & Alvarez V.V.H. (eds.). **Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa, Editora UFV.

Araújo, G.M.; Barbosa, A.A.A.; Arantes, A.A. & Amaral, A.F. 2002. Composição florística de veredas no município de Uberlândia, MG. **Revista Brasileira de Botânica** **25**: 475-49.

Arnon, D.J. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology** **24**: 1-5.

Beauchamp, C. & Fridovich, I. 1971. Superoxide dismutase: improved assays and applicable to acrylamide gels. **Analytical Biochemistry** **44**: 276-287.

Blokhina, O.; Virolainen, E. & Fagerstedt, K.V. 2003. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. **Annals of Botany** **91**: 179-194.

Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye-binding. **Analytical Biochemistry** **72**: 248-254.

Cardoso, E. & Schiavivi, I. 2002. Relação entre distribuição de espécies arbóreas e topografia em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga (Uberlândia, MG). **Revista Brasileira de Botânica** **25**: 277-289.

Cataldo, D.A.; Harron, M.; Schrader, L.E. & Youngs, V.L. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Communications in Soil Science and Plant Analysis** **6**: 71-80.

Chaudière, J. & Ferrari-Iliou, R. 1999. Intracellular antioxidants: from chemical to biochemical mechanisms. **Food Chemical Toxicologica** **37**: 949-962.

Collins, A. 2001. Carotenoids and genomic stability. **Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis** **475**: 21-28.

Dat, J.; Vandenabeele, S.; Vranová, E.; Van Montagu, M.; Inzé, D. & Van Breusegem, F. 2000. Dual action of the active oxygen species during plant stress responses. **Cellular and Molecular Life Sciences** **57**: 779-795.

Doke, N. 1983. Involvement of superoxide anion generation in the hypersensitive response of potato tuber tissues to infection with an incompatible race of *Phytophthora infestans* and to the hyphal wall components. **Physiological Plant Pathology** **23**: 345-355.

El-Maarouf-Bouteau, H. & Bailly, C. 2008. Oxidative signaling in seed germination and dormancy. **Plant Signaling & Behavior** **3**: 175-182.

Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1997. **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro, p. 212. Centro Nacional de Levantamento e Conservação do Solo, Embrapa Solos. Rio de Janeiro, BR.

Favaretto, V.F.; Martineza, C.A.; Soriania, H.H. & Furriel, R. P. M. 2011. Differential responses of antioxidant enzymes in pioneer and late-successional tropical tree species grown under sun and shade conditions. **Environmental and Experimental Botany** **70**: 20-28.

Fobert PR, Despres C. 2005. Redox control of systemic acquired resistance. **Curr. Opin. Plant Biol.** **8**:378-382.

Franco, A.C. & Lüttge U. 2002. Midday depression in savanna trees: coordinated adjustments in photochemical efficiency, photorespiration, CO₂, assimilation and water use efficiency. **Oecologia** **131**: 356-365.

Franco, A.C.; Matsubara, S. & Orthen, B. 2007. Photoinhibition, carotenoid composition and the co-regulation of photochemical and non-photochemical quenching in neotropical savanna trees. **Tree Physiology** **27**: 717-725.

Gentil, M.S. 2010. **Transpiração e eficiência do uso da água em árvores clonais de Eucalyptus aos 4 anos em áreas com e sem irrigação em Eunápolis, Bahia**. Dissertação de Mestrado em Ciências. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

Gill, S. & Tuteja, N. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, **48**: 909-930.

Gratão, P.L.; Polle, A.; Lea, P.J. & Azevedo, R.A. 2005. Making the life of heavy metal stressed plants a little easier. **Functional Plant Biology** **32**: 481-494.

Haridasan, M. 1982. Aluminium accumulation by some cerrado native species of central Brazil. **Plant and Soil** **65**: 265-273.

Haridasan, M. 1987. Distribution and mineral nutrition of aluminium accumulating species in different plant communities of the cerrado region of central Brazil. Pp. 309-348. In: José, R. R. S. José, e & Montes, R. Montes (eds.). **La capacidad Bioprodutiva de Sabanas**. pp. 309-348. Caracas, IVIC./CIET., Caracas, VE.

Haridasan, M. 1987. Performance of *Miconia albicans* (SW.) Triana, an aluminium accumulating species in acidic and calcareous soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis** **19**: 1091-1103.

Haridasan, M. 2006. Alumínio é um elemento tóxico para as plantas nativas do cerrado? Pp. 1-10. In: Prado, C.H.B.A. & Casali, C.A. (eds.). **Fisiologia Vegetal: práticas em relações hídricas, fotossíntese e nutrição mineral**. Barueri, Manole.

Haridasan, M. 2008. Nutritional adaptations of native plants of the Cerrado biome in acid soils. **Brazilian Journal of Plant Physiology** **20**: 183-195.

Heath, R.L. Packer, L. 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetic and stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Archives of Biochemistry and Biophysics** **125**: 189-198.

Kar, M. & Mishra, D. 1976. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. **Plant Physiology** **57**: 315-319.

Kramer, P.J. & Koslowski, T. 1979. **Physiology of woods plants**. New York, Academic.

Larcher, W. 2006. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos, RIMA Artes e Textos.

Lea, P.J. 1997. Primary nitrogen metabolism. Pp. 273-306. In: Dey, P.M. & Harbone, J.B. (eds.). **Plant biochemistry**. San Diego, Academic Press.

Lee, S.; Choi, H.; Suh, S.; Doo, I-S. & Oh, K-Y. 1999. Oligogalacturonic acid and chitosan reduce stomatal aperture by inducing the evolution of reactive oxygen species from guard cells of tomato and *Commelina communis*. **Plant Physiology** **121**: 147-52.

Lima Júnior, É.C.; Alvarenga, A.A.; Castro, E.M.; Vieira, C.V. & Oliveira, H.M. 2005. Trocas gasosas, características das folhas e crescimento de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Ciência Rural** **35**: 1092-1097.

Lovdal, T.; Olsen, K. M.; Slimestad, R.; Verheul, M. & Lillo, C. 2010. Synergetic effects of nitrogen depletion, temperature, and light on the content of phenolic compounds and gene expression in leaves of tomato. **Phytochemistry** **71**: 605-613.

Mahajan, S. & Tuteja, N. 2005. Cold, salinity and drought stresses: an overview. **Archives of Biochemistry and Biophysics** **444**: 139-158.

Malavolta, E. 1992. **ABC da análise de solos e folhas**. São Paulo, p. 124. Ceres., São Paulo, BR.

Mittler, R.; Vanderauwera, S.; Gollery, M. & Van Breusegem, F. 2004. The reactive oxygen gene network in plants. **Trends in Plant Science** **9**: 490-498.

Miyazawa, M.; Pavan, M.A.; Muraoka, T.; Carmo, C.A.F.S. & Melo, W.J. 2009. Análise química de tecido vegetal: parte 2. Pp. 191-233. In: Silva, F.C. (ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, Embrapa Informática Tecnológica.

Monteith, J.L. 1977. Climate and the efficiency of crop production in Britain. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences** **281**: 277-294.

Ngugi, M.R.; Hunt, D.D.; Doley, D.; Ryan, P. & Dart, P. 2004. Selection of species and provenances for low-rainfall areas: physiological responses of *Eucalyptus cloenziana* and *Eucalyptus argophloia* to seasonal conditions in subtropical Queensland. **Forest Ecology and Management** **193**: 141-156.

Palhares, D.; Franco, A.C. & Zaidan, L.B.P. 2010. Respostas fotossintéticas de plantas de cerrado nas estações seca e chuvosa. **Revista Brasileira de Biociências** **8**: 213-220.

Peixoto, H.P.P.; Cambraia, J.; Sant'ana, R.; Mosquim, P.R. & Moreira, A.M. 1999. Aluminium effects on lipid peroxidation and the activities of enzymes of oxidative metabolism in sorghum. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal** **11**: 137-143.

Rama Devi, S. e & Prasad, M.N.V. 1998. Copper toxicity in *Ceratophyllum demersum* L. (Coontail), a free floating macrophyte: response of antioxidant enzymes and antioxidants. **Plant Science** **138**: 157-165.

Romero, R. 1996. A família Melastomataceae na Estação Ecológica do Panga, município de Uberlândia, MG. **Hoehnea** **2**:147-168.

Ribeiro, J. F.& Walter, B. M. T. 1998. Fitofisionomias do bioma cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa Cerrados. p. 89-168.

Scandalios, J.G. 2005. Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research** **38**: 995-1014.

Somavilla, N.S. & Graciano-Ribeiro, D. 2011. Análise comparativa da anatomia foliar de Melastomataceae em ambiente de vereda e cerrado sensu stricto. **Acta Botanica Brasilica** **25**: 764-775.

St-Pierre J.; Buckingham J. A.; Roebuck S. J. & Marca M. D. 2002. Topologia de produção de superóxido a partir de diferentes locais na cadeia de transporte de elétrons mitocondrial . **J Biol Chem** **277**: 44784 - 90.

Suzuki M.; Willcox, C.; Rosenbaum, M.W. & Willcox, B.J. 2010. Oxidative stress and longevity in Okinawa: an investigation of blood lipid peroxidation and tocopherol in okinawan centenarians. **Current Gerontology and Geriatrics Research** **2010**: 1-10.

Taiz, L. & Zieger, E. 2009. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre, Artmed.

Teisseire, H. & V. Guy, V. 2000. Copper-induced changes in antioxidant enzymes activities in fronds of duckweed (*Lemna minor*). **Plant Science** **153**: 65-72.

Tuteja, N. 2007. Mechanisms of high salinity tolerance in plants, **Methods in Enzymology** **428**: 419-438.

Weeb, L.B. 1954. Aluminium accumulation in the Australian – New Guinea flora. **Australian Journal of Botany** **2**: 176-196.

Yong, Z.; Hao-Ru, T. & Ya, L. 2008. Variation in antioxidant enzyme activities of two strawberry cultivars with short-term low temperature stress. **World Journal of Agricultural Sciences** **4**: 458-462.

CAPÍTULO IV

Fisiologia da germinação e bioquímica de *Microlicia fasciculata* Mart., Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG

RESUMO

Microlicia fasciculata na Estação Ecológica do Panga encontra-se restrita a áreas de veredas, ambientes sujeitos a diversas modificações nos últimos anos, principalmente com relação ao ressacamento, o que pode colocá-la em risco de extinção local. Além disso, as áreas de cerrado possuem elevadas concentrações de alumínio no solo, consideradas tóxicas para diversas plantas cultivadas. Frente a estas características, torna-se relevante o estudo desta espécie, uma vez que estes estudos poderão auxiliar na compreensão de sua capacidade de sobrevivência nesses ambientes. Além disso, os estudos relacionados à germinação e bioquímica da espécie são escassos. Portanto, o presente trabalho teve por objetivos (1) avaliar a variabilidade intraespecífica da germinação das sementes, (2) estudar o efeito do alumínio na germinação e (3) avaliar a fisiologia e bioquímica de plantas desta espécie quanto à atividade enzimática, relacionada à preservação das membranas. Para isto, foram realizadas coletas de sementes em dezembro de 2011, utilizadas em dois experimentos, ambos em delineamento inteiramente casualizado. No primeiro foram utilizadas sementes de 25 indivíduos, visando avaliar a variabilidade intraespecífica quanto à germinação. O teste foi realizado com três repetições de 50 sementes para cada indivíduo. No segundo experimento foi avaliado o efeito de doses de alumínio na germinação (0, 5, 10, 20, 40, 80 e 160 mg L⁻¹), sendo utilizadas quatro repetições de 50 sementes para cada dose. Também foram realizadas análises bioquímicas de folhas, coletadas em diferentes épocas do ano, sendo os dados comparados por meio de intervalos de confiança. Os resultados mostraram a existência de alta variabilidade intraespecífica para a germinabilidade (6 a 30%) e coeficiente de variação do tempo (10,22 e 29,75%). A germinação das sementes foi lenta ($0,08 \leq \bar{v} \leq 0,11$ dia⁻¹) e assíncrona ($0,11 \leq Z \leq 0,38$). (Estas características garantem a sobrevivência da espécie nesses ambientes instáveis, especialmente em relação ao volume de água que ali se acumula na estação chuvosa e sua diminuição na estação seca ou no ressecamento causado por ação antrópica. O alumínio proporcionou diminuição da germinabilidade das sementes, com valores entre 5,5 e 8,0% para as doses entre 20 e 80 mg L⁻¹, enquanto o tratamento sem alumínio proporcionou 19% de germinação. Isto pode estar relacionado com a presença de alumínio nas sementes, uma vez que a espécie é uma acumuladora do elemento. As plantas da espécie em seu ambiente natural mostraram variação na atividade enzimática ao longo do dia,

sendo que as enzimas peroxidase e catalase tiveram seu pico de atividade às 12 horas, no final da estação chuvosa e na estação seca. Desta forma, as plantas conseguem manter o nível de peroxidação lipídica estável ao longo do dia, garantindo a sua sobrevivência nas veredas.

Palavras chave: Medidas de germinação; alumínio; estresse oxidativo; *Microlicia fasciculata*.

Intraspecific variability in seeds of Melastomataceae species with regard to germination

ABSTRACT

Microlicia fasciculata in the Panga Ecological Station is restricted to areas of palm swamp, subject to various environments modification in recent years, particularly with respect to dryness, which may put it in risk of local extinction. Furthermore, the cerrado has high concentrations of aluminum in the soil considered toxic to many crops. Faced with these characteristics, it is relevant to the study of this species, since these studies will help in understanding their ability to survive in these environments. In addition, studies related to germination and biochemical species are rare. Therefore, this study aimed to (1) assess the intraspecific variability of seed germination, (2) study the effect of aluminum on the germination and (3) assess the physiology and biochemistry of plants of this species for enzymatic activity related to the preservation of membranes. For this, seeds were collected in December 2011, used in two experiments, each in a completely randomized design. The first seeds were used in 25 individuals, to evaluate the intraspecific variability for germination. The test was conducted with three replications of 50 seeds for each individual. In the second experiment was evaluated the effect of aluminum doses in germination (0, 5, 10, 20, 40, 80 and 160 mg L⁻¹), with four replicates of 50 seeds for each dose. Biochemical analysis of leaves collected at different times of the year were also carried out and the data were compared by means of confidence intervals. The results showed the presence of high intraspecific variability for germinability (6 to 30%) and coefficient of variation of the germination time (10.22 and 29.75%). Seed germination was slow ($0.08 \leq \bar{v} \leq 0.11$ days⁻¹) and asynchronous ($0.11 \leq Z \leq 0.38$). These characteristics ensure the survival of the species in these unstable environments, especially in relation to volume of water that accumulates in the rainy season and a decrease in the dry or the dryness caused by human actions. Aluminum provided decrease in seed germination, with values between 5.5 and 8.0% for doses between 20 and 80 mg L⁻¹, while without aluminum treatment yielded a 19% germination. This may be

related to the presence of aluminum in the seeds, once the species is an accumulator of aluminum. Plants of the species in their natural environment showed variation in enzyme activity during the day, and the enzyme peroxidase and catalase had their eve its peak activity at noon in end of rainy season and the dry season. Thus, plants can maintain the level of lipid peroxidation stable throughout the day ensuring their survival.

Key words: Germination measurements; aluminum; oxidative stress; *Microlicia fasciculata*.

1 Introdução

As Melastomataceae são constituídas por 11 tribos, sendo Microlicieae uma das principais, por apresentar maior número de espécies (Clausing & Renner 2001; Romero 2003). Esta se caracteriza por apresentar sementes alongadas, com superfície geralmente foveolada (Romero 2003).

Microlicia fasciculata é um subarbusto que pode atingir de 0,40 a 0,60 m de altura, e que possui frutificação que ocorre principalmente nos meses de março, abril, outubro e novembro (Silva & Romero 2008). Esta espécie pode ser encontrada em veredas, campos rupestres (Silva & Romero 2008 Medeiros 2011), borda de matas de galeria e em campo limpo (Medeiros 2011).

Na Estação Ecológica do Panga a ocorrência de *Microlicia fasciculata* é restrita às veredas, ambiente que está se modificando nos últimos anos. Estas áreas estão se tornando reduzidas devido ao ressecamento da faixa de campo úmido que as rodeia, ocasionado pelas mudanças recentes no uso da terra no entorno da Estação, com a retirada da cobertura vegetal natural e uso intensivo para agricultura e pecuária, o que tem acarretado alterações profundas nas áreas onde o lençol freático aflora, tanto nas veredas quanto nos campos úmidos originais do interior da Estação Ecológica do Panga (Lopes & Schiavini 2007; Cardoso *et al.* 2009).

Neste contexto, *Microlicia fasciculata* merece destaque por ter sido pouco estudada, especialmente quanto à variabilidade intraespecífica da germinação. Além disso, estudos relacionados com características fisiológicas e bioquímicas desta espécie também são relevantes, visando auxiliar na compreensão do comportamento da espécie neste ambiente, além de mostrar a variação destas características ao longo do dia.

Outra característica dos ambientes em que *Microlicia fasciculata* ocorre é a presença de elevadas concentrações de alumínio no solo. Sabe-se que a maior parte das espécies de Melastomataceae é tolerante ao alumínio e muitas não se desenvolvem sem a presença deste

elemento (Haridasan 1988; 2008). No entanto, ainda não existem trabalhos que mostrem se esta espécie é uma acumuladora de alumínio. Portanto, torna-se relevante avaliar também o efeito do alumínio na germinação de sementes desta espécie.

Com base neste contexto, surgem alguns questionamentos, como por exemplo, existe variabilidade intraespecífica na germinação de sementes de *Microlicia fasciculata*? Qual o comportamento bioquímico e fisiológico de plantas desta espécie neste ambiente? A espécie é acumuladora de alumínio? E por fim, o alumínio afeta a germinação das sementes de *M. fasciculata*? Portanto, este trabalho teve por objetivos avaliar a variabilidade intraespecífica desta espécie quanto à germinação, além de observar o efeito do alumínio na germinação e ainda estudar a fisiologia e a bioquímica das plantas ao longo do dia.

2 Material e Métodos

2.1 Locais e períodos de coleta

A coleta das sementes de *Microlicia fasciculata* foi realizada no mês de dezembro de 2011, na Estação Ecológica do Panga, localizada ao sul do município de Uberlândia, MG (19° 09' 20" S e 48° 24' 35" W). A Estação possui área de 409,5 ha e pertence à Universidade Federal de Uberlândia desde 1986, constituindo uma unidade de conservação na categoria de Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN (Schiavini & Araújo 1989). As sementes foram coletadas em vereda localizada no interior da Reserva.

2.2 Delineamento experimental e instalação dos experimentos

Foram instalados dois experimentos de germinação, um deles com o objetivo de avaliar a variabilidade intraespecífica existente entre 25 indivíduos e o segundo com o intuito de analisar o efeito do alumínio na germinação. Ambos foram conduzidos em delineamento experimental inteiramente casualizado, sendo o primeiro montado com três repetições de 50 sementes cada.

Para a realização do segundo experimento, foi realizada análise prévia do solo onde a espécie estudada ocorre, verificando-se que, em média, o solo apresenta 40 mg L⁻¹ de Al. A partir desses resultados, foram determinadas as doses de alumínio para o teste de germinação. Além disso, foram utilizados como base para a determinação das doses os resultados apresentados por Haridasan (2008) que realizou estudo do desenvolvimento de *Miconia fallax* na presença de diferentes concentrações de alumínio. Com base em pré-testes de germinação, foi possível selecionar os indivíduos que produziram as melhores sementes, sendo assim

realizada a mistura dessas. Foram utilizadas seis doses de alumínio (5, 10, 20, 40, 80 e 160 mg L⁻¹) e o tratamento controle com água destilada, com quatro repetições de 50 sementes cada.

As sementes foram lavadas com água destilada, secas rapidamente em papel toalha e, em seguida, semeadas sobre papel de filtro umedecido, sendo mantidas em câmaras úmidas (câmaras de Emanuelli; Araújo & Ranal, 2005) contendo 30 mL de água destilada (tratamento controle) ou as respectivas doses de alumínio (Al(OH)₃ – hidróxido de alumínio). A solução foi monitorada semanalmente, visando manter o pH igual a $4,0 \pm 2$, com auxílio de NaOH ou NaCl, ambos a 1 mM, pois este pH proporciona a disponibilização do alumínio para absorção.

Os experimentos foram mantidos em incubadora tipo B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*), à temperatura de 25°C e fotoperíodo de 12 horas. As avaliações de germinação foram diárias, no mesmo horário da implantação de cada experimento, adotando-se como critério de germinação a protrusão de qualquer parte do embrião.

2.3 Características avaliadas

Foram avaliadas a porcentagem de germinação, tempo médio (Labouriau 1983), velocidade média (Labouriau 1970), coeficiente de variação do tempo (Ranal & Santana 2006), incerteza (Labouriau & Valadares 1976) e sincronia do processo de germinação (Ranal & Santana 2006).

2.4 Análise estatística dos dados de germinação

A normalidade dos resíduos da ANOVA e a homogeneidade entre as variâncias foram testadas a partir dos testes de Shapiro-Wilk e de Levene, respectivamente. Quando as duas pressuposições foram atendidas, foi realizado o teste de Scott-Knott; caso contrário, mesmo quando os dados foram transformados, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis seguido pelo teste de Dunn para comparações binárias, todos a 0,05 de significância. Para o experimento com alumínio foi realizado o teste *F* da análise de variância e, posteriormente, foi aplicado o teste de Tukey a 0,05 de significância. Como os dados não se ajustaram a nenhum modelo de regressão, optou-se por realizar somente o teste para a comparação entre médias.

2.5 Características bioquímicas e fisiológicas das plantas em seu ambiente natural

As coletas foram realizadas nos meses de abril, junho e setembro de 2012. Folhas completamente expandidas e funcionais do terço médio das plantas foram coletadas ao longo do dia (8, 10, 12, 14 e 16 horas), sendo obtidas amostras de cinco repetições (indivíduos) de

cada espécie. A primeira coleta de amostras, realizada no mês de abril de 2012, pode ser efetuada somente em dois horários do dia (12 e 15 horas) devido à ocorrência de chuvas, o que impossibilitou a coleta em todos os horários previstos.

Após a coleta, as folhas foram colocadas em sacos de plástico e posteriormente cobertas por papel alumínio, a fim de evitar o contato destas com a luz, o que pode alterar a atividade enzimática. As amostras foram então congeladas em nitrogênio líquido, visando paralisar todas as reações enzimáticas, sendo transferidas para caixas térmicas contendo gelo seco. Posteriormente, foram levadas para laboratório e armazenadas em freezer, à temperatura em torno de -20°C . Este material foi utilizado para a determinação da atividade de enzimas antioxidantes e nitrato redutase, quantificação de lipoperóxidos, clorofilas *a*, *b* e carotenoides.

2.6 Atividade de enzimas antioxidantes

Para a análise de enzimas antioxidantes as folhas foram maceradas, utilizando-se nitrogênio líquido, sendo então adicionados 10 mL de tampão de fosfato de potássio a $0,1\text{ mol L}^{-1}$, em pH 6,8, para a diluição do extrato. As amostras foram então transferidas para eppendorfs e centrifugadas a 10.000 r.p.m. (6.000 g) por 30 min a 4°C . Ao final, as amostras (extrato enzimático) foram armazenadas a -20°C para posterior determinação das atividades enzimáticas (Kar & Mishra 1976).

O cálculo do teor de proteína foi realizado a partir de uma curva padrão, ajustada de acordo com as concentrações de proteína na forma de caseína (0, 20, 40, 60, 80 e 100 μg em 100 mL) (Bradford 1976). A partir das absorbâncias, ajustou-se o gráfico (concentração x leitura), obtendo-se a equação de regressão linear. De acordo com esses dados, procedeu-se a quantificação de proteína.

A determinação da atividade de enzimas antioxidantes foi realizada com base na quantidade de proteínas presentes nas folhas. Para isto, utilizou-se 0,1 mL de extrato enzimático, em mistura com 5 mL de reagente de Bradford (100 mg de brilhant blue, 50 mL de álcool etílico 95% e 100 mL de ácido fosfórico 85%, completando-se o volume para 1L com água destilada). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro UV-visível a 595 nm, 15 minutos após a montagem do meio de reação (Bradford 1976).

A atividade da enzima catalase CAT - (EC 1.11.1.6) foi determinada pelo método proposto por Peixoto *et al.* (1999). Para esta determinação, foram adicionados em um tubo de ensaio 950 μL de tampão fosfato de sódio (50 mmol L^{-1} em pH 7,0); 53,75 μL de H_2O_2 ($12,5\text{ mmol L}^{-1}$) e 30 μL de extrato enzimático, resultando em um volume final de 1 mL. As leituras de absorbância foram realizadas a 240 nm, sendo avaliadas durante 80 segundos até a

estabilização da leitura. As leituras foram realizadas sob luz ultra-violeta, utilizando-se cubetas de quartzo, pois estas permitem leituras em comprimentos de ondas menores. Para o cálculo da atividade desta enzima, foi utilizado o coeficiente de extinção molar do H_2O_2 a $39,4 \text{ mmol L}^{-1} \text{ cm}^{-1}$, sendo a atividade da catalase expressa em nmol de H_2O_2 consumido por minuto, por miligrama de proteína.

A atividade da peroxidase - POD (EC 1.11.1.7) foi determinada de acordo com Teisseire & Guy (2000). Para isto, foram misturados em um tubo de ensaio 500 μL de tampão fosfato de potássio (50 mmol L^{-1} em pH 6,5); 30 μL de extrato enzimático; 250 μL de pirogalol (1,2,3-benzenotriol) a 20 mmol L^{-1} e 220 μL de H_2O_2 a 5 mmol L^{-1} , totalizando um volume de 1 mL. Posteriormente, os tubos de ensaio foram deixados por 5 minutos à temperatura em torno de 25°C . Após esse período, a formação de purpurogalina foi mensurada em espectrofotômetro UV-visível, a 430 nm. Para o cálculo da atividade da enzima foi utilizado o coeficiente de extinção molar da purpurogalina a $2,5 \text{ mmol L}^{-1} \text{ cm}^{-1}$, sendo a atividade expressa em μmol de purpurogalina por minuto, por miligrama de proteína.

A enzima superóxido dismutase foi avaliada segundo a metodologia de Beauchamp & Fridovich (1971). Para isto, foram utilizados 30 μL de extrato enzimático, 2000 μL de tampão de fosfato de sódio (50 mmol L^{-1} em pH 7,8) e solução de Nitroblue Tetrazolium (NBT) + EDTA (5:4). O sistema de reação foi preparado em tubos de ensaio envolvidos com papel alumínio. Ao final, os tubos foram expostos à luz durante 10 minutos. Após esse período, foram adicionadas solução de metionina e riboflavina (1:1), sendo realizadas as leituras de absorbância a 560 nm.

2.7 Quantificação de lipoperóxidos (peroxidação lipídica)

A quantificação de lipoperóxidos foi determinada de acordo com a técnica de Heath & Packer (1968), modificada por Rama Devi & Prasad (1998). Foram macerados 200 mg do material vegetal, sendo posteriormente homogeneizado em 5 mL de solução contendo ácido tiobarbitúrico (TBA) a 0,25% e ácido tricloroacético (TCA) a 10% (0,25 g de TBA e 10 g de TCA em 100 mL de água). Em seguida, o conteúdo foi transferido para tubos de ensaio com rosca e papel filme, sendo incubado em banho-maria a 90°C , por 1 hora. Após resfriamento, o homogeneizado foi centrifugado a 8.000 r.p.m. por 15 minutos, à temperatura ambiente e, em seguida, o sobrenadante coletado de cada amostra foi submetido a leituras de absorbância em espectrofotômetro UV-visível a 560 e 600 nm. Os resultados foram expressos em nmol de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) por grama de matéria fresca.

2.8 Atividade da enzima nitrato redutase

Para a determinação da atividade da enzima nitrato redutase as folhas foram cortadas em pedaços com cerca de 2 mm². Em seguida, 200 mg desse material foram colocados em tubo de ensaio envolvido com papel alumínio, sendo adicionados 5 mL de KNO₃. Em seguida, os tubos de ensaio foram colocados em banho-maria a 35 °C, durante 2 horas, agitando-se de 5 em 5 minutos. Após este processo, 1 mL da solução foi colocado em balão volumétrico (50 mL), onde foram adicionados 25 mL de água destilada e 1 mL de ácido sulfanílico. A solução permaneceu em repouso durante 5 a 10 minutos, sendo posteriormente adicionados 1 mL de alfa-nafetilalamina e 1 mL do tampão de acetato de sódio, completando-se o volume do balão com água destilada. As leituras foram realizadas entre 10 e 30 minutos após o término da montagem do meio de reação, em espectrofotômetro com comprimento de onda de 560 nm (Cataldo 1979).

A estimativa da atividade da nitrato redutase foi obtida por meio da curva padrão de nitrito (NO₂⁻), ajustada de acordo com as concentrações de N na forma de NO₂⁻ (0, 5, 10, 15, 20 e 25 µg L⁻¹). A partir das absorbâncias, ajustou-se o gráfico (concentração x leitura), obtendo-se a equação de regressão linear. De acordo com esses dados, procedeu-se ao cálculo da atividade da nitrato redutase conforme Cataldo (1979) [$ANR = [(5 FV) (4 CN) 0,5]$, em que: ANR refere-se à atividade da nitrato redutase em µg N-NO₂ g de fitomassa verde⁻¹ h⁻¹; FV é a quantidade de fitomassa verde colocada no tubo de ensaio (200 mg) e CN é a concentração de nitrito (mg L⁻¹) obtida pela equação ajustada à curva padrão, de acordo com a absorbância da amostra e os valores 5, 4 e 0,5 foram utilizados na correção dos valores para µg N-NO₂ por g de fitomassa verde por hora].

2.9 Análise química de amostras de folhas

As folhas coletadas foram armazenadas em sacos de plástico e levadas ao laboratório, onde foram lavadas em água corrente e enxaguadas em água destilada. Após esse procedimento, as folhas foram colocadas em sacos de papel, secas em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C até massa constante, sendo posteriormente trituradas em moinho tipo Wiley, passadas em peneiras de malha 1,0 mm e finalmente armazenadas em frascos de vidro para subsequente análise química. A extração de elementos químicos do tecido vegetal foi realizada pelo método de digestão úmida com HNO₃ + HClO₄ (3:1) e a determinação do alumínio feita pela técnica espectrofotométrica com eriocromo cianina R, sendo o resultado expresso em mg kg⁻¹ (Miyazawa *et al.* 2009).

2.10 Análise estatística dos dados referentes à atividade enzimática, lipoperoxidação e análise química foliar

Os dados foram comparados utilizando-se intervalos de confiança a 0,05 de significância.

3 Resultados

Sementes de *Microlicia fasciculata* apresentaram variabilidade intraespecífica quanto à germinabilidade (G) e coeficiente de variação do tempo (CV_t), sendo suas sementes caracterizadas por baixa germinabilidade, baixa velocidade e assincronia (Tabela 1). A maior germinabilidade foi de 30% (indivíduo 17) e a menor de 6% (indivíduos 15 e 20). Quanto aos valores de CV_t , estes variaram entre 10,22% (indivíduo 3) e 29,57% (indivíduo 23).

Quanto às demais características que não apresentaram variabilidade intraespecífica, a germinação foi tardia ($6,67 \leq t_o \leq 11$ dias; $10,67 \leq t_f \leq 14,33$ dias; $9,47 \leq \bar{t} \leq 12,44$ dias;); lenta ($0,08 \leq \bar{v} \leq 0,11$ dia⁻¹), incerta ($0,92 \leq I \leq 2,59$ bits) e assíncrona ($0,11 \leq Z \leq 0,38$). A frequência relativa de germinação das sementes da espécie pode ser observada nas Figuras 1A e 1B, evidenciando baixa frequência de germinação em um mesmo intervalo de tempo.

Tabela 1 - Medidas de germinação (média \pm desvio padrão) de sementes de *Microlicia fasciculata* oriundas de 25 indivíduos e coletadas em vereda da Estação Ecológica do Panga, MG.

Indivíduo	<i>G</i> (%)	<i>t_o</i> (dia)	<i>t_f</i> (dia)	\bar{t} (dia)	<i>CV_t</i> (%)	\bar{v} (dia ⁻¹)	<i>I</i> (bit)	<i>Z</i>
1	8,67 \pm 3,06 abc	9,33 \pm 1,53 a	12,33 \pm 2,52 a	11,28 \pm 2,10 a	11,48 \pm 4,59 a	0,09 \pm 0,02 a	1,29 \pm 0,32 a	0,26 \pm 0,08 a
2	16,67 \pm 10,07 abc	8,67 \pm 1,15 a	11,00 \pm 3,00 a	9,97 \pm 1,79 a	13,79 \pm 6,21 a	0,10 \pm 0,02 a	1,67 \pm 0,67 a	0,24 \pm 0,08 a
3	7,33 \pm 2,31 abc	9,67 \pm 1,53 a	13,50 \pm 2,12 a	11,13 \pm 2,14 a	10,22 \pm 4,06 b	0,09 \pm 0,02 a	1,25 \pm 0,58 a	0,26 \pm 0,13 a
4	7,33 \pm 2,31 abc	9,00 \pm 1,73 a	13,00 \pm 1,73 a	10,40 \pm 1,09 a	15,40 \pm 8,99 ab	0,10 \pm 0,01 a	1,07 \pm 0,26 a	0,32 \pm 0,02 a
5	18,00 \pm 0,00 abc	8,67 \pm 0,58 a	11,33 \pm 3,51 a	9,48 \pm 1,32 a	11,64 \pm 6,09 a	0,11 \pm 0,01 a	1,50 \pm 0,76 a	0,38 \pm 0,25 a
6	17,33 \pm 1,15 abc	8,67 \pm 1,15 a	13,00 \pm 2,00 a	10,93 \pm 0,89 a	14,68 \pm 2,50 a	0,09 \pm 0,01 a	1,65 \pm 1,00 a	0,34 \pm 0,36 a
7	12,67 \pm 3,06 abc	8,33 \pm 0,58 a	14,00 \pm 1,00 a	11,13 \pm 1,19 a	19,47 \pm 3,97 ab	0,09 \pm 0,01 a	1,96 \pm 0,52 a	0,15 \pm 0,11 a
8	6,67 \pm 1,15 b	10,67 \pm 1,15 a	12,33 \pm 2,52 a	11,17 \pm 1,01 a	11,88 \pm 7,92 a	0,09 \pm 0,01 a	0,95 \pm 0,05 a	0,33 \pm 0,00 a
9	20,00 \pm 0,00 abc	7,67 \pm 1,53 a	12,33 \pm 2,52 a	10,23 \pm 1,46 a	14,98 \pm 3,26 a	0,10 \pm 0,01 a	1,61 \pm 0,60 a	0,33 \pm 0,13 a
10	10,67 \pm 1,15 abc	8,33 \pm 1,53 a	13,33 \pm 0,58 a	10,94 \pm 0,81 a	17,07 \pm 3,63 a	0,09 \pm 0,01 a	1,70 \pm 0,39 a	0,20 \pm 0,17 a
11	14,67 \pm 1,15 abc	8,00 \pm 8,00 a	11,33 \pm 2,89 a	9,52 \pm 0,44 a	17,54 \pm 6,33 a	0,11 \pm 0,00 a	1,72 \pm 0,52 a	0,27 \pm 0,18 a
12	7,33 \pm 1,15 abc	8,67 \pm 1,15 a	13,00 \pm 2,00 a	10,92 \pm 0,95 a	15,77 \pm 2,14 a	0,09 \pm 0,01 a	1,08 \pm 0,37 a	0,33 \pm 0,17 a
13	26,67 \pm 12,22 abc	6,67 \pm 1,15 a	14,33 \pm 1,15 a	10,34 \pm 0,84 a	22,65 \pm 6,81 b	0,10 \pm 0,01 a	2,55 \pm 0,49 a	0,12 \pm 0,06 a
14	24,67 \pm 1,15 ab	6,67 \pm 1,15 a	12,33 \pm 1,15 a	9,95 \pm 0,41 a	22,02 \pm 4,37 b	0,10 \pm 0,00 a	2,59 \pm 0,29 a	0,11 \pm 0,04 a
15	6,00 \pm 0,00 c	11,00 \pm 2,56 a	12,67 \pm 3,21 a	12,44 \pm 1,54 a	12,27 \pm 8,75 a	0,08 \pm 0,01 a	0,92 \pm 0,00 a	0,33 \pm 0,00 a
16	12,67 \pm 3,06 abc	8,33 \pm 2,08 a	14,00 \pm 1,73 a	11,02 \pm 1,21 a	20,42 \pm 1,56 b	0,09 \pm 0,01 a	1,56 \pm 0,34 a	0,26 \pm 0,15 a
17	30,00 \pm 3,06 a	6,67 \pm 2,08 a	14,00 \pm 1,73 a	11,09 \pm 1,21 a	23,36 \pm 1,56 b	0,09 \pm 0,01 a	2,33 \pm 0,34 a	0,16 \pm 0,15 a
18	25,33 \pm 6,00 ab	8,67 \pm 1,15 a	13,00 \pm 1,73 a	10,37 \pm 1,77 a	15,11 \pm 2,64 a	0,10 \pm 0,01 a	1,75 \pm 0,16 a	0,32 \pm 0,01 a
19	12,00 \pm 2,00 abc	7,67 \pm 1,53 a	10,67 \pm 1,15 a	9,47 \pm 0,75 a	14,78 \pm 5,51 a	0,11 \pm 0,01 a	1,61 \pm 0,56 a	0,23 \pm 0,15 a
20	6,00 \pm 0,00 c	8,33 \pm 0,58 a	12,67 \pm 2,08 a	9,67 \pm 0,33 a	18,00 \pm 6,43 b	0,10 \pm 0,00 a	0,92 \pm 0,00 a	0,33 \pm 0,00 a
21	24,67 \pm 1,15 ab	8,00 \pm 0,00 a	12,67 \pm 2,08 a	10,26 \pm 0,67 a	14,87 \pm 3,10 a	0,10 \pm 0,01 a	2,02 \pm 0,23 a	0,21 \pm 0,07 a
22	12,00 \pm 6,00 abc	10,00 \pm 2,00 a	12,67 \pm 4,04 a	12,04 \pm 2,42 a	12,84 \pm 4,35 a	0,09 \pm 0,02 a	1,40 \pm 0,46 a	0,27 \pm 0,06 a
23	8,67 \pm 1,15 abc	8,00 \pm 0,00 a	14,33 \pm 1,15 a	10,17 \pm 0,14 a	29,57 \pm 3,46 b	0,10 \pm 0,00 a	1,46 \pm 0,07 a	0,21 \pm 0,08 a
24	15,33 \pm 1,15 abc	8,00 \pm 0,00 a	10,67 \pm 2,31 a	10,35 \pm 1,33 a	12,03 \pm 4,34 a	0,10 \pm 0,01 a	1,76 \pm 0,34 a	0,21 \pm 0,06 a
25	9,33 \pm 3,06 abc	9,67 \pm 3,51 a	14,33 \pm 1,15 a	11,08 \pm 3,55 a	12,74 \pm 5,66 b	0,10 \pm 0,03 a	1,40 \pm 0,50 a	0,26 \pm 0,11 a
<i>W</i> (<i>P</i>)	0,82 (0,001)	0,96 (0,08)	0,98 (0,33)	0,99 (0,69)	0,98 (0,18)	0,98 (0,24)	0,99 (0,88)	0,96 (0,03)
<i>F</i> (<i>P</i>)	3,74 (0,001)	2,54 (0,003)	1,22 (0,27)	1,97 (0,02)	1,92 (0,03)	2,42 (0,004)	2,2 (0,02)	3,85 (0,001)
<i>H</i> (<i>P</i>)	62,1 (0,00)	32,64 (0,11)	-	-	-	20,29 (0,68)	-	26,84 (0,31)
¹ <i>F</i> (<i>P</i>)	-	-	1,29 (0,22)	1,28 (0,23)	2,22 (0,01)	-	1,63 (0,07)	-

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelos testes de Scott-Knott ou Kruskal-Wallis a 0,05 de probabilidade; *G*: germinabilidade; *t_o*: tempo para a primeira germinação; *t_f*: tempo para a última germinação; \bar{t} : tempo médio de germinação; *CV_t*: coeficiente de variação do tempo; \bar{v} : velocidade média de germinação; *I*: incerteza; *Z*: sincronia; *W*: estatística do teste de Shapiro-Wilk; valores em negrito indicam que os resíduos seguem distribuição normal ($P > 0,01$); *F*: estatística do teste de Levene; valores em negrito indicam homogeneidade entre as variâncias ($P > 0,01$); *H*: estatística do teste de Kruskal-Wallis; valores em negrito indicam diferença significativa entre os indivíduos ($P < 0,05$); ¹*F*: estatística da ANOVA; valores em negrito indicam diferença significativa entre os indivíduos; *P*: probabilidade.

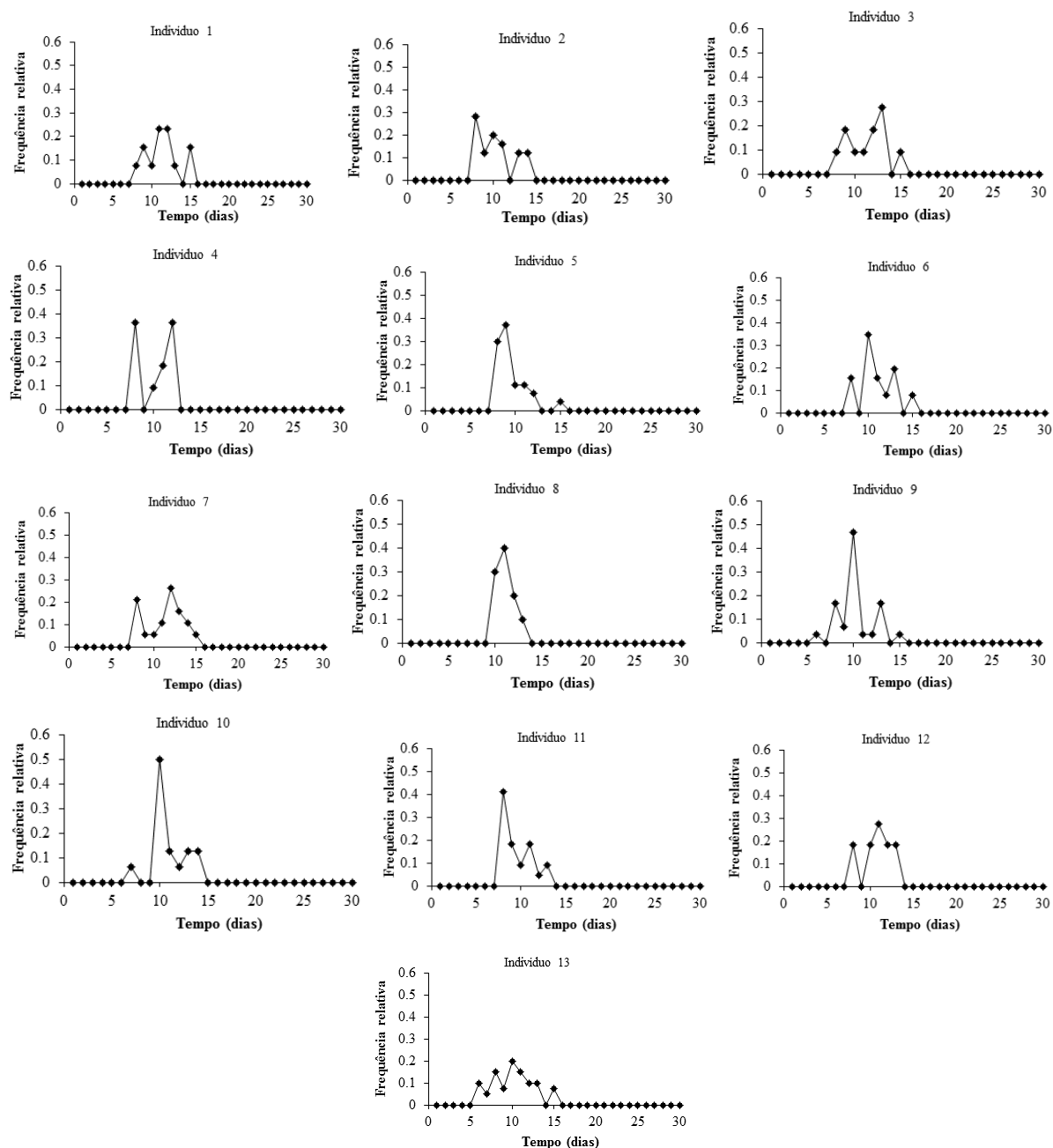


Figura 1A - Frequência relativa de germinação de sementes de *Microlicia fasciculata* em função do tempo. Coletas realizadas em plantas de vereda da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG.

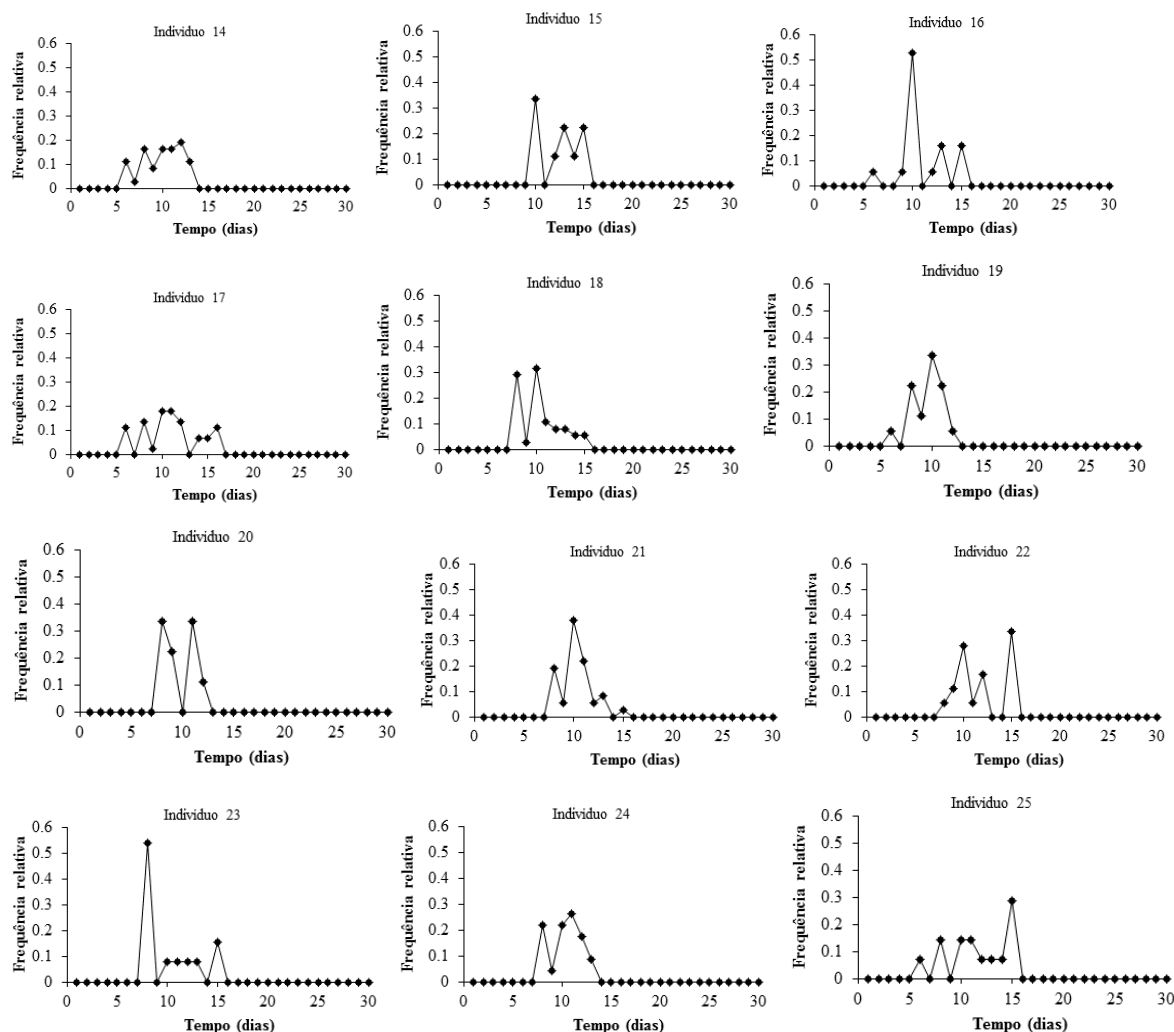


Figura 1B - Frequência relativa de germinação de sementes de *Microlicia fasciculata* em função do tempo. Coletas realizadas em plantas de vereda da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG.

Doses de alumínio proporcionaram efeito somente sobre a germinabilidade das sementes, sendo observados os maiores valores nas doses 0 e 10 mg L⁻¹ (19,0 e 22,5%, respectivamente) (Tabela 2). Para todos os tratamentos foi verificada baixa germinabilidade das sementes.

A germinação das sementes da espécie foi tardia ($8,7 \leq t_o \leq 13,0$ dias), lenta ($0,07 \leq \bar{v} \leq 0,08$ dia⁻¹; $12,22 \leq \bar{t} \leq 14,15$ dias), incerta ($1,23 \leq I \leq 2,45$ bits) e assíncrona ($0,01 \leq Z \leq 0,28$). A assincronia da germinação também pode ser evidenciada pela distribuição das frequências relativas de germinação (Figura 2).

Tabela 2 - Medidas de germinação (média \pm desvio padrão) de sementes de *Microlicia fasciculata* submetidas a doses de alumínio, coletadas em vereda da Estação Ecológica do Panga, MG.

Dose	G (%)	t_0 (dia)	t_f (dia)	\bar{t} (dia)	CV_t (%)	\bar{v} (dia ⁻¹)	I (bit)	¹ Z
0	19,0 \pm 3,46 a	9,25 \pm 0,96 a	16,25 \pm 0,50 a	13,01 \pm 0,43 a	18,45 \pm 3,90 a	0,077 \pm 0,003 a	2,45 \pm 0,06 b	0,10 \pm 0,04 a
5	9,5 \pm 5,97 b	11,25 \pm 3,69 a	14,75 \pm 1,26 a	13,55 \pm 2,45 a	14,08 \pm 5,58 a	0,075 \pm 0,013 a	1,63 \pm 0,48 a	0,07 \pm 0,14 a
10	22,5 \pm 5,00 a	10,00 \pm 4,50 a	15,50 \pm 1,00 a	12,51 \pm 0,60 a	16,10 \pm 0,49 a	0,080 \pm 0,004 a	2,38 \pm 0,43 b	0,14 \pm 0,07 a
20	5,5 \pm 1,00 b	11,00 \pm 3,16 a	15,00 \pm 1,63 a	13,29 \pm 1,35 a	17,67 \pm 15,60 a	0,076 \pm 0,008 a	1,27 \pm 0,36 a	0,08 \pm 0,17 a
40	8,5 \pm 4,12 b	8,75 \pm 2,21 a	15,00 \pm 2,16 a	12,22 \pm 0,80 a	20,80 \pm 10,46 a	0,082 \pm 0,005 a	1,88 \pm 0,64 b	0,01 \pm 0,02 a
80	8,5 \pm 4,12 b	12,75 \pm 0,50 a	15,00 \pm 2,16 a	13,75 \pm 0,87 a	7,30 \pm 6,14 a	0,073 \pm 0,004 a	1,24 \pm 0,94 a	0,28 \pm 0,48 a
160	5,5 \pm 3,00 b	13,00 \pm 0,82 a	15,25 \pm 1,50a	14,15 \pm 0,72 a	10,03 \pm 6,55 a	0,071 \pm 0,004 a	1,23 \pm 0,46 a	0,02 \pm 0,05 a
W (P)	0,95 (0,19)	0,91 (0,02)	0,95 (0,15)	0,95 (0,19)	0,97 (0,68)	0,94 (0,13)	0,96 (0,38)	0,87 (0,002)
¹F (P)	0,48 (0,82)	2,0 (0,11)	0,86 (0,54)	0,48 (0,82)	3,26 (0,02)	0,97 (0,47)	1,41 (0,26)	1,07 (0,41)
²F (P)	10,48 (<0,00)	2,48 (0,06)	0,41 (0,86)	1,27 (0,31)	1,35 (0,28)	1,32 (0,29)	3,79 (0,01)	1,17 (0,36)
CV (%)	36,17	19,17	10,24	9,18	55,50	8,69	31,43	119,68

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey a 0,05 de significância; médias seguidas por letras iguais minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância; G: germinabilidade; t_0 : tempo para a primeira germinação; t_f : tempo para a última germinação; \bar{t} : tempo médio de germinação; CV_t : coeficiente de variação do tempo; \bar{v} : velocidade média de germinação; I: incerteza; Z: sincronia; W: estatística do teste de Shapiro-Wilk; ¹F: estatística do teste de Levene; valores em negrito implicam em normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias a 0,01 de significância; P: probabilidade; ²F: estatística da ANOVA; ¹ dados transformados para raiz quadrada; dados apresentados na tabela representam valores originais.

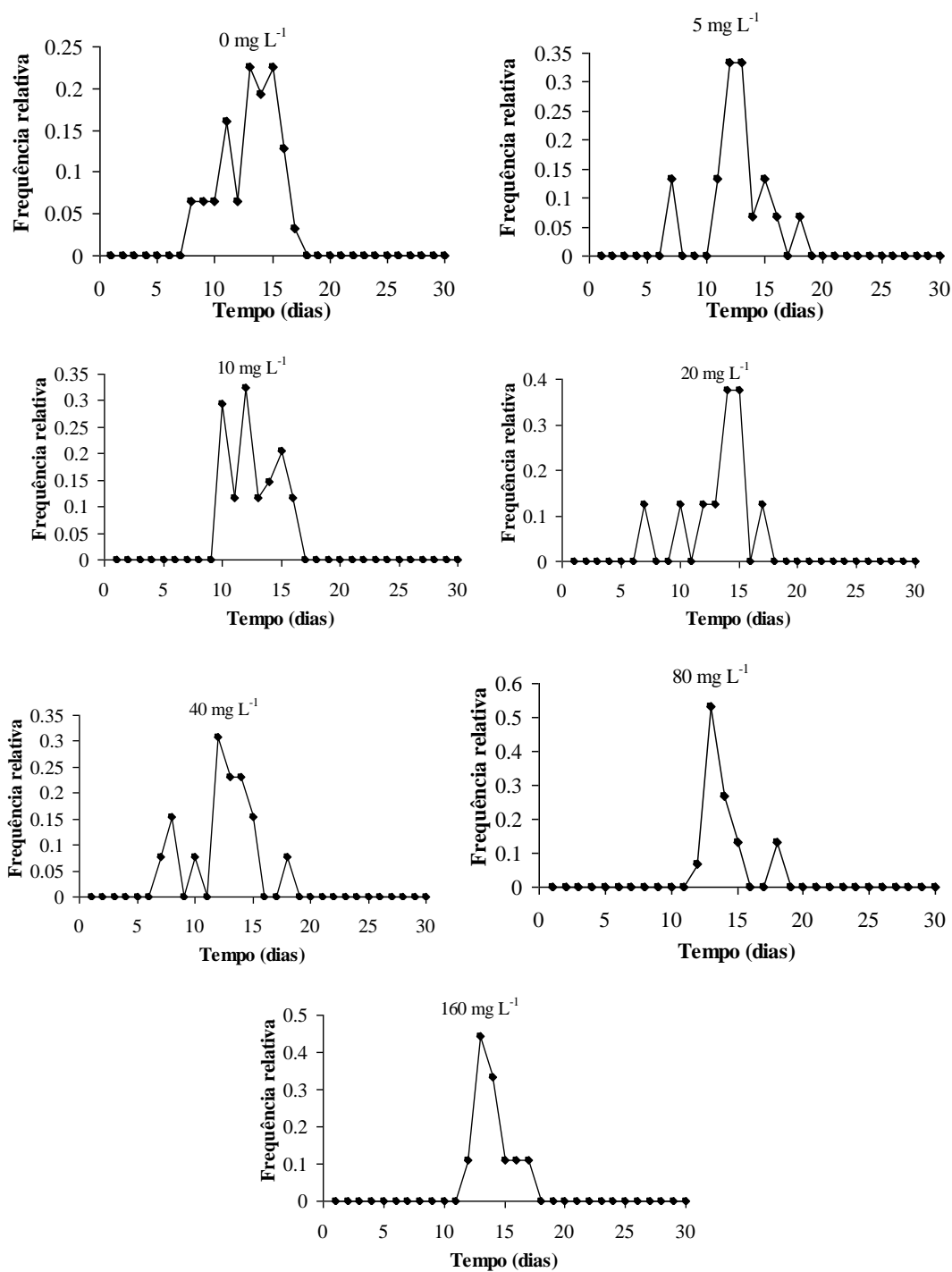


Figura 2 - Frequência relativa de germinação de sementes de *Microlicia fasciculata* em função do tempo e sob o efeito de doses de alumínio. Coletas realizadas em plantas de vereda da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG.

As análises bioquímicas realizadas em plantas adultas de *Microlicia fasciculata* no final da estação chuvosa não mostraram diferenças significativas na atividade da superóxido dismutase e peroxidação lipídica entre os horários de coleta (Figuras 3A e 3D). A maior atividade das enzimas peroxidase e catalase foi registrada às 12 horas (Figuras 3B e 3C), sendo 406,3 e 609,6% superior às 15 horas para peroxidase e catalase, respectivamente. As maiores variabilidades, mensuradas pelos intervalos de confiança foram observadas às 12 horas.

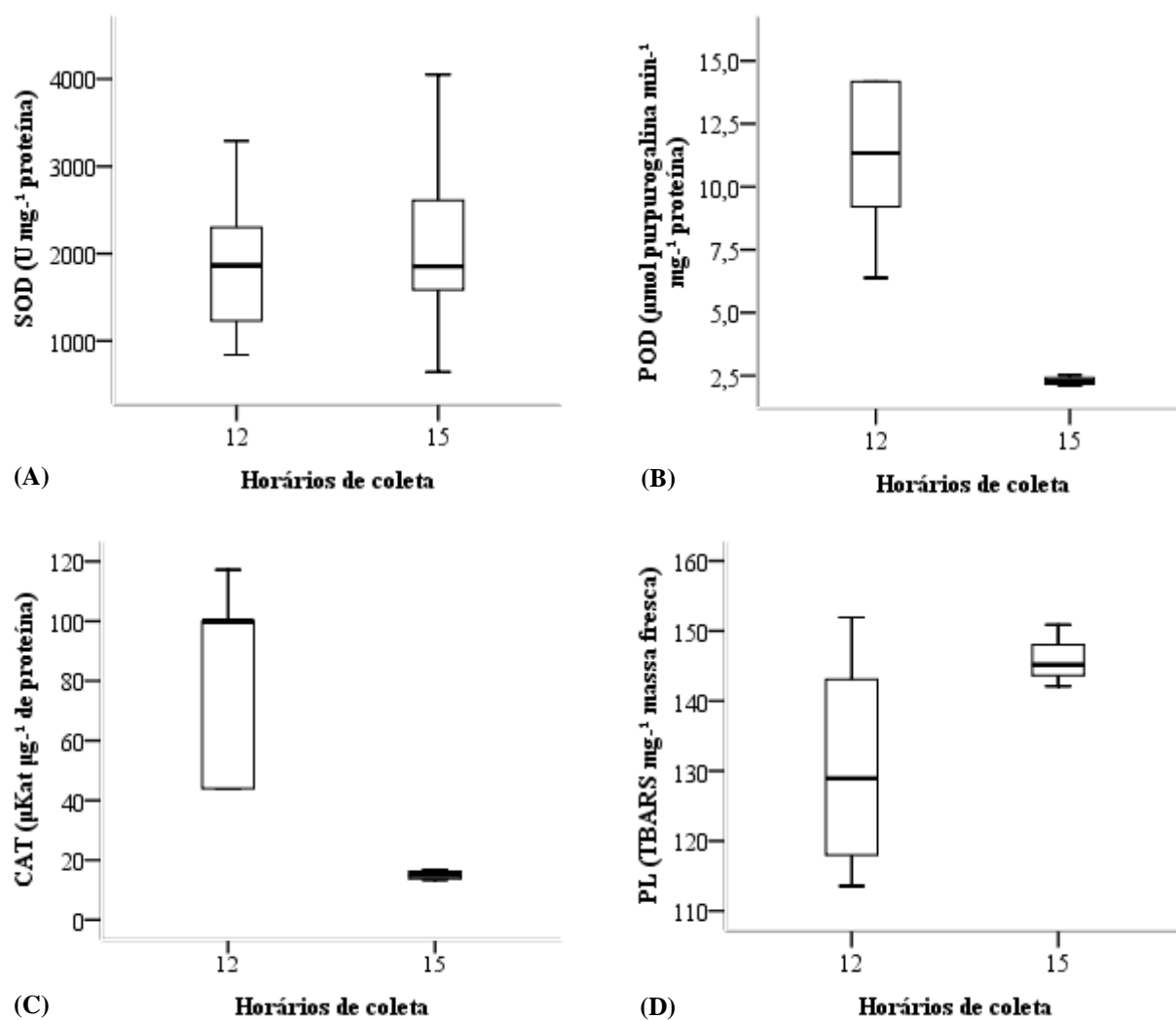


Figura 3 - Atividade da superóxido dismutase (SOD) (A), peroxidase (POD) (B), catalase (CAT) (C) e peroxidação lipídica (PL) (D) em indivíduos de *Microlicia fasciculata* ocorrentes em vereda, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em abril de 2012.

A maior atividade da enzima nitrato redutase foi registrada às 12 horas no início da estação seca (Junho de 2012), sendo de 6,42 $\mu\text{g N-NO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ massa fresca h}^{-1}$ (Figura 4A). A peroxidase apenas apresentou pequena redução de sua atividade às 10 horas (Figura 4B),

quando comparada com a atividade das 8 horas. As demais enzimas avaliadas e a peroxidação lipídica não apresentaram diferenças de atividade ao longo do dia (Figuras 4C, D e E).

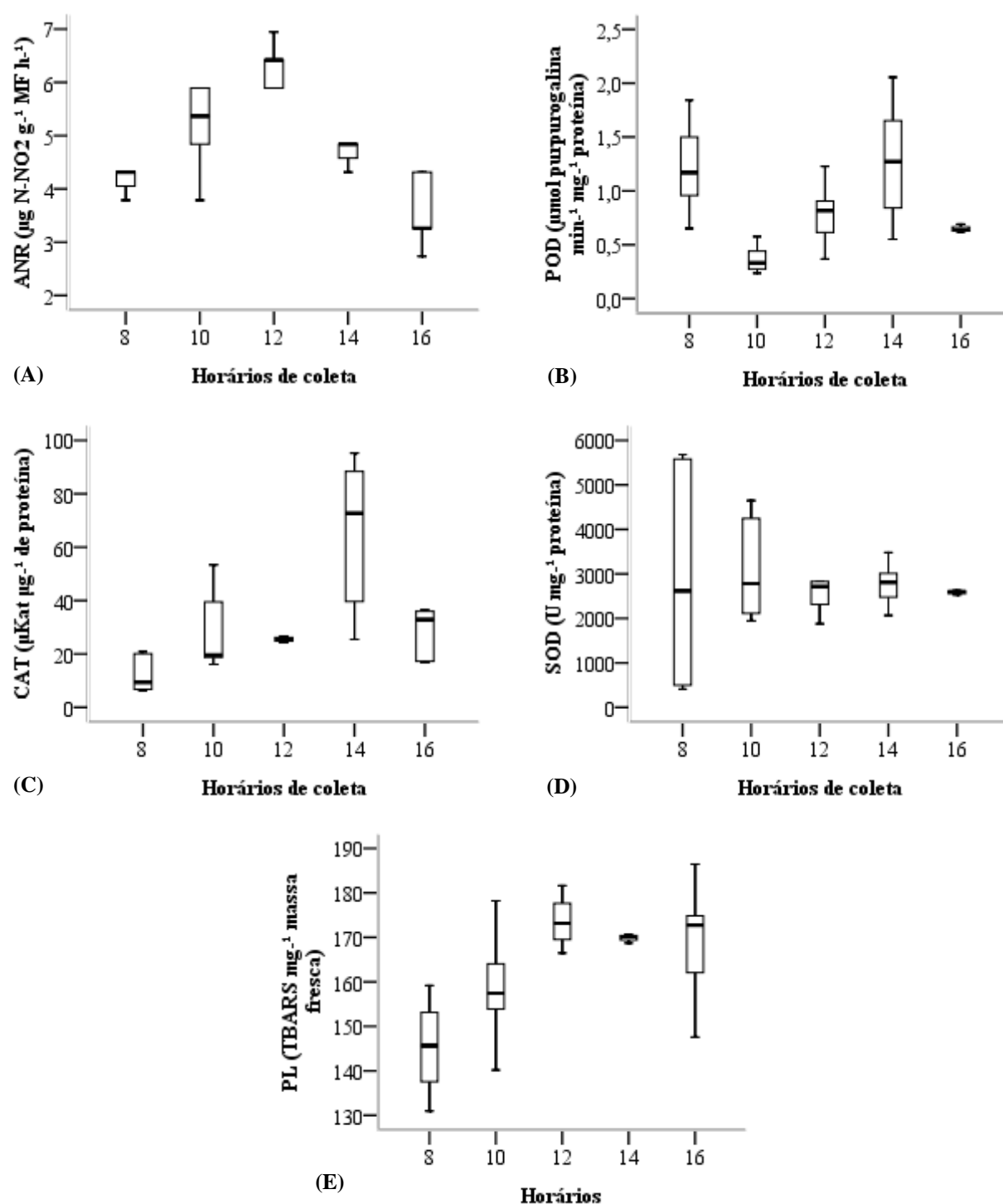


Figura 4 - Atividade da nitrato redutase (ANR) (A), peroxidase (POD) (B), catalase (CAT) (C), superóxido dismutase (SOD) (D) e peroxidação lipídica (PL) (E) em indivíduos de *Microlizia fasciculata* em vereda, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em junho de 2012.

A atividade enzimática em *Microlicia fasciculata* variou ao longo do dia, no final da estação seca (setembro de 2012). A enzima nitrato redutase apresentou diferença às 12 e 16 horas (Figura 5A), sendo observado aumento de 83,9% na atividade da enzima às 16 horas, em comparação com 12 horas. Nestes mesmos horários foram detectadas diferenças na atividade da enzima superóxido dismutase (Figura 5D), com redução da atividade da enzima às 16 horas (82,8%).

Quanto à enzima peroxidase, foi observado aumento de sua atividade às 12 horas (Figura 16B) (337,6%) em relação às 10 horas e posteriormente redução às 16 horas (87,9%), quando comparada com 12 horas. A enzima catalase apresentou menor atividade às 14 horas (68,95 $\mu\text{Kat } \mu\text{g}^{-1}$ proteína) (Figura 5C).

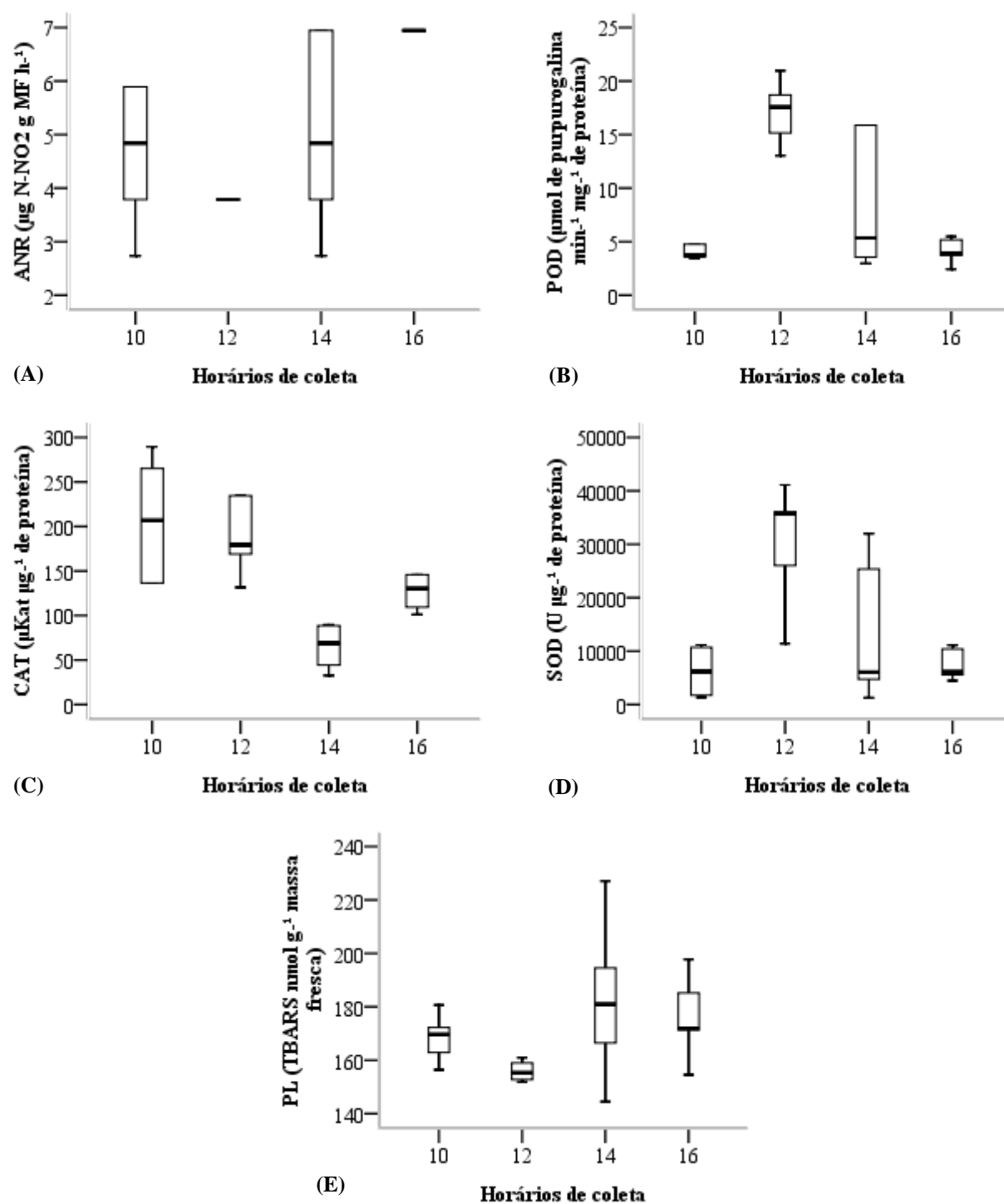


Figura 5 - Atividade da nitrato redutase (ANR) (A), peroxidase (POD) (B), catalase (CAT) (C), superóxido dismutase (SOD) (D) e peroxidação lipídica (PL) (E) em indivíduos de *Microlizia fasciculata* em vereda, Estação Ecológica do Panga, MG. Coletas realizadas em setembro de 2012.

4 Discussão

Sementes de *Microlicia fasciculata* apresentaram baixa qualidade fisiológica, caracterizadas pelo baixo percentual de germinação, com alta variabilidade entre os indivíduos analisados. Isto mostra que não deve haver mistura de sementes de vários indivíduos, antes de se conhecer a variabilidade intraespecífica e intrapopulacional para que os valores médios dos tratamentos não sejam estimados de forma indevida.

Variabilidade intraespecífica também foi observada para sementes de outras espécies do cerrado como as de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, *Cedrela fissilis* Vell., *Ceiba speciosa* A. St. Hil., *Hymenaea courbaril* L., *Lithraea molleoides* (Vell.), *Miconia ferruginata* DC. e *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Berger 2007; Ferreira 2007; Dorneles 2010; Mendes-Rodrigues 2010).

Esta é uma importante característica populacional, relevante para a sobrevivência das espécies, em especial aquelas que se estabelecem em veredas, ambientes instáveis em decorrência das modificações climáticas locais e globais.

O espalhamento da germinação no tempo indica que as sementes de *Microlicia fasciculata* possuem potencial para a formação de banco de sementes, o que favorece seu estabelecimento e permanência no ambiente em que ocorre.

As sementes de *Microlicia fasciculata* apresentaram diminuição da germinação quando submetidas a doses de alumínio, exceto para a dose de 10 mg L^{-1} , o que pode estar relacionado a um problema de amostragem. Porém, a redução da germinação na presença de alumínio pode indicar que o elemento está presente nas sementes em quantidade considerável. As análises realizadas mostraram que folhas da espécie possuem 4360 mg kg^{-1} de alumínio e, apesar de não ter sido avaliado o teor de alumínio nas sementes, é possível deduzir que nelas também pode existir elevado teor deste elemento. *M. fasciculata* não é citada na literatura como acumuladora, mas a presença de mais de 1000 mg kg^{-1} de alumínio nas folhas, é suficiente para que a espécie possa ser enquadrada no grupo das acumuladoras de alumínio, segundo o critério de Weeb (1954).

A análise enzimática realizada em plantas de *Microlicia fasciculata* no final da estação chuvosa mostrou maior atividade da catalase e peroxidase às 12 horas, o que pode estar relacionado à maior temperatura neste horário. Sabe-se que aumentos de temperatura proporcionam condições para o aumento na produção de radicais livres e, consequentemente, aumento da atividade de enzimas antioxidantes (Blokhina *et al.* 2003). Comportamento semelhante a este foi observado no final da estação seca, com maior atividade da peroxidase

às 12 horas. A alta atividade destas enzimas nestes horários pode ter sido responsável por manter os níveis de peroxidação lipídica mais estável ao longo do dia, independente das condições mais quentes observadas às 12 horas.

A catalase apresentou menor atividade às 8 horas. Geralmente este é o período em que as condições climáticas são menos estessantes, com temperaturas mais amenas e maior umidade relativa do ar, o que pode levar à diminuição da fotorrespiração nas plantas (Dat *et al.* 2000, Taiz e Zeiger 2009) e, conseqüentemente, menor produção de radicais livres, o que leva à diminuição da atividade de enzimas antioxidantes.

A enzima nitrato redutase apresentou maior atividade às 12 horas no início da estação seca, e às 16 horas no final desta mesma estação. A atividade desta enzima é dependente de energia para reduzir o nitrato a nitrito, e necessita de energia correspondente a três ATPs oriundos do NAD(P)H (Lea 1997; Taiz & Zieger 2009). Portanto, os seus horários de maior atividade possivelmente estão relacionados à maior atividade fotossintética da planta.

A variação na atividade de enzimas antioxidantes ao longo do dia é uma forma de evitar a lipoperoxidação, com manutenção da integridade das membranas, o que facilita a sobrevivência da espécie nas veredas.

Referências bibliográficas

Araújo, E.A.P. & Ranal, M.A. 2005. Câmara úmida para germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas (Câmara de Emanuelli). Instituto Nacional Da Propriedade Industrial. PI0520543-3 A2, 31 out.

Beauchamp, C. & Fridovich, I. 1971. Superoxide dismutase: improved assays and applicable to acrylamide gels. **Analytical Biochemistry** **44**: 276-287.

Berger, A.P.A. 2007. **Variabilidade intra-específica em *Lithraea molleoides* (vell.) Eng. (Aroeira-branca) a partir dos processos de germinação e emergência**. Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

Blokhina, O.; Virolainen, E. & Fagerstedt, K.V. 2003. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. **Annals of Botany** **91**: 179-194.

Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye-binding. **Analytical Biochemistry** 72: 248-254.

Cardoso, E.; Moreno, E.I.C.; Bruna, E.M. & Vasconcelos, H.L. 2009. Mudanças fitofisionômicas no cerrado: 18 anos de sucessão ecológica na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia – MG. **Caminhos de Geografia** 10: 254-268.

Cataldo, D.A.; Harron, M.; Schrader, L.E. & Youngs, V.L. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Communications in Soil Science and Plant Analysis** 6: 71-80.

Clausing, G. & Renner, S.S. 2001. Molecular phylogenetics of Melastomataceae and Memecylaceae: implications for character evolution. **American Journal of Botany** 88:486-498.

Dorneles, M.C. 2010. **Padrões de germinação dos diásporos e emergência das plântulas de espécies arbóreas do cerrado, do vale do rio Araguari, MG**. Tese de Doutorado em Ecologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

Ferreira, W.R. 2007. **Variabilidade de cinco espécies arbóreas da região de cerrado do Brasil Central para medidas de germinação e emergência**. Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

Haridasan, M. 1988. Performance of *Miconia albicans* (SW.) Triana, an aluminium accumulating species in acidic and calcareous soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis** 19: 1091-1103.

Haridasan, M. 2008. Nutritional adaptations of native plants of the Cerrado biome in acid soils. **Brazilian Journal of Plant Physiology** 20: 183-195.

Heath, R.L. Packer, L. 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetic and stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Archives of Biochemistry and Biophysics** 125: 189-198.

Kar, M. & Mishra, D. 1976. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. **Plant Physiology** **57**: 315-319.

Labouriau, L.G. 1970. On the physiology of seed germination in *Vicia graminea* Sm. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** **42**: 235-262.

Labouriau, L.G. 1983. **A germinação das sementes**. Washington, Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, Programa Regional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

Labouriau, L.G. & Valadares, M.E.B. 1976. On the germination of seeds of *Calotropis procera* (Ait). F. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** **48**: 263-284.

Lea, P.J. 1997. Primary nitrogen metabolism. Pp. 273-306. In: Dey, P.M. & Harbone, J.B. (eds.). **Plant biochemistry**. San Diego, Academic Press.

Lopes, S.F. & Schiavini, I. 2007. Dinâmica da comunidade arbórea de mata de galeria da Estação Ecológica do Panga, Minas Gerais, Brasil. **Acta Botânica Brasilica** **21**: 249-261.

Medeiros, J.D. 2011. **Guia de campo: vegetação do Cerrado 500 espécies**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente.

Mendes-Rodrigues, C.; Araújo, F.P.; Souza, C.B.; Souza, V.B.; Ranal, M.A.; Santana, D.G. & Oliveira, P.E. 2010. Multiple dormancy and maternal effect on *Miconia ferruginata* (Melastomataceae) seed germination, Serra de Caldas Novas, Goiás, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica** **33**: 93-105.

Miyazawa, M.; Pavan, M.A.; Muraoka, T.; Carmo, C.A.F.S. & Melo, W.J. 2009. Análise química de tecido vegetal: parte 2. Pp. 191-233. In: Silva, F.C. (ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, Embrapa Informática Tecnológica.

Peixoto, H.P.P.; Cambraia, J.; Sant'ana, R.; Mosquim, P.R. & Moreira, A.M. 1999. Aluminium effects on lipid peroxidation and the activities of enzymes of oxidative metabolism in sorghum. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal** **11**: 137-143.

Rama Devi, S. e & Prasad, M.N.V. 1998. Copper toxicity in *Ceratophyllum demersum* L. (Coontail), a free floating macrophyte: response of antioxidant enzymes and antioxidants. **Plant Science** **138**: 157-165.

Ranal, M.A. & Santana, D.G. 2006. How and why to measure the germination process? **Revista Brasileira de Botânica** **29**: 1-11.

Romero, R. 1996. A família Melastomataceae na Estação Ecológica do Panga, Município de Uberlândia, MG. **Hoehnea** **2**: 147-168.

Schiavini, I. & Araújo, G.M. 1989. Considerações sobre a vegetação da Reserva Ecológica do Panga (Uberlândia-MG). **Revista Sociedade e Natureza** **1**: 61-66.

Silva, M.A.O. & Romero, R. 2008. Melastomataceae das serras do município de Delfinópolis, Minas Gerais, Brasil. **Revista Rodriguésia** **59**: 609-647.

Taiz, L. & Zieger, E. 2009. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre, Artmed.

Teisseire, H. & V. Guy, V. 2000. Copper-induced changes in antioxidant enzymes activities in fronds of duckweed (*Lemna minor*). **Plant Science** **153**: 65-72.

Weeb, L.B. 1954. Aluminium accumulation in the Australian – New Guinea flora. **Australian Journal of Botany** **2**: 176-196.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos nos três capítulos, foi possível inferir que existe variabilidade intraespecífica para sementes de *Miconia albicans*, *M. fallax* e *Microlicia fasciculata*. Além disso, as duas primeiras espécies citadas possuem capacidade de sucesso reprodutivo tanto em cerrado *stricto sensu* quanto na transição cerrado-vereda. Outra característica relevante é que as sementes de *M. fallax* apresentaram melhor qualidade fisiológica que as demais. Foi possível perceber também que o alumínio exerce efeitos positivos na germinação das sementes destas três espécies. Possivelmente o teor de alumínio já presente nas sementes exerça papel fundamental na germinação destas espécies. No entanto, a compreensão sobre o papel do alumínio na germinação não pode ser elucidado, sendo necessários mais estudos com relação a este assunto, dando-se atenção especial à relação entre o conteúdo de alumínio presente nas sementes e a germinação.

As características bioquímicas e fisiológicas não mostraram grandes diferenças entre as amostras de plantas oriundas da transição cerrado-vereda e do cerrado *stricto sensu*, sendo observadas diferenças no teor de pigmentos fotossintéticos, que foi maior nas plantas de cerrado. As atividades enzimáticas também não seguiram um comportamento padrão ao longo do dia. Além disso, não foi observada relação entre o teor de alumínio no solo e em folhas e as características bioquímicas e fisiológicas das plantas. A variação da atividade antioxidante ao longo do dia permite o controle da produção de radicais livres ao longo do dia, possibilitando a sobrevivência de *Miconia albicans* e *M. fallax* em cerrado *stricto sensu* e na transição cerrado-vereda. Esta característica também garante a sobrevivência de *Microlicia fasciculata* em ambiente de vereda.

É importante informar que a redação da forma final desta dissertação de mestrado é de responsabilidade exclusiva da autora.