



VANESSA DA FONTOURA CUSTÓDIO MONTEIRO

**CRESCIMENTO RADIAL E RESPOSTA
ECOFISIOLÓGICA DE *Vochysia thyrsoidea* Pohl.
ÀS CONDIÇÕES AMBIENTAIS DO CERRADO
RUPESTRE**

LAVRAS - MG

2014

VANESSA DA FONTOURA CUSTÓDIO MONTEIRO

**CRESCIMENTO RADIAL E RESPOSTA ECOFISIOLÓGICA DE
Vochysia thyrsoidea Pohl. ÀS CONDIÇÕES AMBIENTAIS DO CERRADO
RUPESTRE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Botânica Aplicada, área de concentração em Botânica Aplicada, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. João Paulo Rodrigues Alves Delfino Barbosa

Coorientadora

Dra. Ana Carolina Maioli Campos Barbosa

LAVRAS - MG

2014

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Monteiro, Vanessa da Fontoura Custódio.

Crescimento radial e resposta ecofisiológica de *Vochysia
thyrsoidea* (Pohl.) às condições ambientais do cerrado rupestre /
Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro. – Lavras : UFLA, 2014.
83 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.
Orientador: João Paulo Rodrigues Alves Delfino Barbosa.
Bibliografia.

1. Taxa de incremento radial. 2. Disponibilidade hídrica. 3.
Fitofisionomia savânica. 4. Estratégias de adaptação. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 583.143

VANESSA DA FONTOURA CUSTÓDIO MONTEIRO

**CRESCIMENTO RADIAL E RESPOSTA ECOFISIOLÓGICA DE
Vochysia thyrsoidea Pohl. ÀS CONDIÇÕES AMBIENTAIS DO CERRADO
RUPESTRE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Botânica Aplicada, área de concentração em Botânica Aplicada, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 27 de fevereiro de 2014.

Dr. Eduardo van den Berg UFLA

Dr. Fernando Antônio Frieiro Costa UNILAVRAS

Dr. João Paulo Rodrigues Alves Delfino Barbosa
Orientador

Dra. Ana Carolina Maioli Campos Barbosa
Coorientadora

LAVRAS - MG

2014

*Aos meus pais e irmãos que, no decorrer da minha vida, proporcionaram-me
além de extenso carinho e amor, os conhecimentos da integridade e da
perseverança.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, ao Senhor Jesus Cristo e a Nossa Senhora por todas as bênçãos e pela presença real no meu dia a dia.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-graduação em Botânica Aplicada, pela oportunidade cedida para a realização do mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico (CNPq) pelo financiamento do projeto “Impactos das mudanças globais no regime de fogo, no funcionamento e na estrutura de paisagens tropicais”.

Ao meu orientador, Dr. João Paulo Rodrigues Alves Delfino Barbosa, por ser um orientador presente e sempre disposto a ajudar, pela paciência, pelos conselhos, incentivos e pelo exemplo de pessoa e profissional íntegro.

À minha coorientadora, Dra. Ana Carolina Maioli Campos Barbosa, também pelo exemplo de pessoa e profissional, pela disponibilidade de tempo para me ajudar, pelo conhecimento, conselhos e incentivos.

Aos meus queridos pais, Vanderlei e Elena, pelo amor e carinho, por tudo que abdicaram para garantir meu estudo e principalmente por me ensinar, desde criança que Deus é a força maior. Obrigada pelas orações! Agradeço também ao meu pai por ter participado de um dia de campo comigo, foi maravilhoso!

À minha família, em especial, meus irmãos Aline e Maycon, e meus avós Zélia, Custódio, Maria da Glória (*in memoriam*) e Salviano (*in memoriam*), pelo carinho e pelas coisas boas que aprendi com eles.

Ao meu namorado, Pedro, que esteve presente dia a dia comigo na construção desse sonho, desde os campos à parte escrita. Agradeço por todo

amor, paciência, amizade, companheirismo e muita dedicação que você tem por mim. Você é um presente de Deus em minha vida!

À equipe e a todos que passaram pelo Laboratório de Ecofisiologia Vegetal e Funcionamento de Ecossistemas (LEFE-UFLA), pela ajuda em campo e na dissertação. Maíra, Nayara, Marcelo, Ane Marcela, Hugo, João Paulo, Felipe Fabrício, Alexis, Ana Luíza, Clareana, Amandine, Joana, Kamilla e Fernando Filho, sem vocês, não teria dado certo! Somos uma equipe!

Aos amigos e colegas da UFLA por terem participado dos campos também: Lucas Calasans, Filipe França, Cíntia Oliveira, Nathália Carvalho, Mariana Arthur, Arthur Dias, Gabriela Meirelles, Gabriel Assis e Tácio Pádua.

Aos meus amigos e amigas que fizeram meus dias mais felizes em Lavras, em especial à Ana, Cris, Melise, Luíza, Juninho e Lucas, pelos bons momentos que passamos juntos.

Aos amigos do Programa de Pós-graduação em Botânica Aplicada, pelos bons momentos em turma e pelo aprendizado em conjunto.

Ao Centro Universitário de Lavras (UNILAVRAS), que através do professor Fernando Antônio Frieiro Costa permitiu a realização da pesquisa na Reserva Biológica Unilavras-Boqueirão.

Ao Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, também por permitir a realização da pesquisa em suas dependências.

Aos professores do Programa de pós-graduação em Botânica Aplicada, por todo conhecimento compartilhado.

Aos funcionários da UFLA, que sempre me acolheram bem.

Aos integrantes e suplentes da banca, Dr. Eduardo van den Berg, Dr. Fernando Antônio Frieiro Costa e Dr. Marcelo Rodrigues por terem aceitado o convite.

A todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho: muito obrigada!

“Quanto mais penetramos nos segredos da natureza, tanto maior se torna o nosso
respeito por Deus.”

Albert Einstein

RESUMO

Na região da bacia hidrográfica do Alto do Rio Grande, situada no sul de Minas Gerais, a vegetação do Cerrado e de parte da Mata Atlântica encontra-se fragmentada devido à grande concentração de propriedades agrossilvipastoris. Dentre a vegetação remanescente existente nessa região, as formações rupestres apresentam uma rica diversidade florística em um ambiente com condições limitantes. Nestas áreas, a baixa disponibilidade hídrica associada a altas radiações solares juntamente com o fogo são fatores severos que podem limitar o estabelecimento de muitas espécies. Apesar dessas condições adversas ao crescimento das plantas, observa-se nessas áreas uma vegetação com estrutura muito complexa e espécies com estratégias de adaptação para crescerem e se estabelecerem frente a essas circunstâncias. Dentre estas espécies, *Vochysia thyrsoidea* destaca-se pela alta capacidade de ajuste a esse ambiente. Diante disso, objetivou-se verificar como *V. thyrsoidea* responde às variações ambientais em diferentes áreas de cerrado rupestre situadas em duas Unidades de Conservação: Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito e Reserva Biológica Unilavras-Boqueirão. Durante o período observacional, avaliou-se o crescimento radial através de bandas dendrométricas, crescimento em altura e de ramos, comportamento fenológico e características fisiológicas de 60 plantas de cada área, divididas em 30 indivíduos de porte baixo (< 1,70 m e DAS < 3 cm) e 30 de porte médio e alto (> 2,50 m e DAP ≥ 5 cm). A caracterização ambiental das áreas foi avaliada e o conteúdo relativo de água no solo foi determinado a fim de entender as relações entre crescimento e disponibilidade hídrica. Observou-se que o crescimento radial diminui em situações de intenso déficit hídrico, com a redução das taxas de condutância estomática e conseqüentemente, de fotossíntese líquida. Entretanto, essa diminuição é recuperada logo em seguida quando o solo possui água disponível. Essas estratégias morfofisiológicas reforçam a ideia de que *Vochysia thyrsoidea* é um ótimo modelo para estudos ecofisiológicos que visem verificar características de plasticidade a condições adversas de ambiente em espécies lenhosas do Cerrado, ao longo do tempo, através dos padrões de crescimento.

Palavras-chave: Taxa de incremento radial. Disponibilidade hídrica. Fitofisionomia savânica. Estratégias de adaptação.

ABSTRACT

The Alto do Rio Grande is a region of the Rio Grande Basin, located in southern Minas Gerais, Southeast Brazil. In this area the vegetation is composed by remnants of the Cerrado and Atlantic Forest formations. The landscape is highly fragmented due to the large concentration of agrosilvopastoral properties. Among the Cerrado vegetation remaining in this region, the rocky formations have important floristic diversity besides the environmental limiting conditions that includes the low availability of water associated with high solar radiation, the high aluminum concentration in the soil and wildfires. Among the species living in those areas the *Vochysia thyrsoidea* is highlighted for its high capacity for adjustment in this adverse habitat. Our objective was to observe the growth patterns of the *V. thyrsoidea* in two different areas of rocky Cerrado situated in two conservation units: Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito and Reserva Biológica Unilavras-Boqueirão. In 2013 we evaluated the radial growth by dendrometric bands, the growth in height and of the lateral branches, the phenology and the physiological characteristics of 60 plants from each area, divided into 30 small individuals (< 1.70 m and $DSH < 3$ cm) and 30 tall individuals (> 2.50 m and $DBH \geq 5$ cm). The environmental characterization of the areas was evaluated and the relative content of water in the soil was determined in order to understand the relations between growth and water availability. It was observed that the radial growth decreases in situations of intense water deficit, with the reduction of stomatal conductance rates and, consequently, of net photosynthesis. However, this decrease is recovered shortly after, when the soil water availability increases. These morphophysiological strategies reinforce the idea that the *Vochysia thyrsoidea* is an excellent model for eco-physiological studies aiming at verifying plant plasticity in adverse environmental conditions for woody species of the Cerrado, over time, by means of growth patterns.

Keywords: Radial increment rate. Water availability. Savannah phytophysiology. Adaptation strategies.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 *Vochysia thyrsoidea* Pohl. (A) Aspecto geral da espécie adulta; (B) tronco revestido de ritidoma; (C) inflorescência; (D) frutos verdes; (E) frutos maduros 23
- Figura 2 Hemiparasita *Psittacanthus robustus* Mart. colonizando *Vochysia thyrsoidea* 23
- Figura 3 Localização das áreas de estudo: PEQRB (Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito) e RBUB (Reserva Biológica Unilavras-Boqueirão)..... 31
- Figura 4 Distribuição espacial dos indivíduos de *Vochysia thyrsoidea* estudados no PEQRB. Círculos fechados: indivíduos de porte médio e alto; Círculos abertos: indivíduos de porte baixo; Cruz: Termohigrômetro; Seta: centro da área de estudo, com coordenadas -21,3288 S e -44,9732 W..... 33
- Figura 5 Distribuição espacial dos indivíduos de *Vochysia thyrsoidea* estudados na RBUB. Círculos fechados: indivíduos de porte médio e alto; Círculos abertos: indivíduos de porte baixo; Cruz: Termohigrômetro; Seta: centro da área de estudo, com coordenadas -21,3475 S e -44,9899 W..... 34
- Figura 6 Capacidade máxima de água disponível no solo (CAD) para as duas áreas de estudo, de acordo com o cálculo de balanço hídrico efetuado 36

Figura 7	Dados climatológicos para Lavras-MG observados no ano de 2013 e em um período de 30 anos (normais 1961-1990). A – Temperatura máxima; B – Temperatura média; C – Temperatura mínima; D – Umidade relativa do ar; E – Precipitação pluviométrica total e F – Insolação. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2014).....	43
Figura 8	Armazenamento de água na camada de 0-1m de solo para Lavras observado no ano de 2013 em um período de 30 anos (normais climatológicas 1961-1990).....	45
Figura 9	Valores diários de Temperatura (°C), Umidade relativa (%) e Déficit de pressão de vapor (kPa) do ar observados para as áreas de estudo em 2013. A, B e C – PEQRB e D, E e F – RBUB. A área cinza mostra a variação entre valores máximos e mínimos e a linha escura o valor da mediana. Para o DPV, foi considerada a mediana do período entre 08 h e 17 h	46
Figura 10	Valores de radiação global incidente nas áreas de estudo de março a dezembro de 2013 no período de 10h e 30min – 12 h. As barras representam a mediana e as barras de erro representam os intervalos entre os 25 e os 75 percentis	47
Figura 11	Valores do conteúdo relativo de água na camada de 0-1,75 m de solo observado nas áreas de estudo de janeiro a dezembro de 2013.....	48
Figura 12	Incremento radial acumulado de <i>Vochysia thyrsoidea</i> e conteúdo relativo de água na camada de 0 - 1,75 m de solo no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, no período de fevereiro a dezembro de 2013. Linhas pontilhadas: incremento acumulado individual; Linha tracejada superior: percentil 75; Linha tracejada inferior: percentil 25; Linha preta: mediana	51

- Figura 13 Incremento radial acumulado de *Vochysia thyrsoidea* e conteúdo relativo de água na camada de 0 - 1,75 m de solo na Reserva Biológica Unilavras-Boqueirão, no período de abril a dezembro de 2013. Linhas pontilhadas: incremento acumulado individual; Linha tracejada superior: percentil 75; Linha tracejada inferior: percentil 25; Linha preta: mediana 52
- Figura 14 Taxa média de incremento em diâmetro (mm.mês^{-1}) para a espécie *Vochysia thyrsoidea*. Barra cinza - Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito. Barra branca - Reserva Biológica Unilavras-Boqueirão. As barras de erro representam o desvio padrão ($n = 20$) e os asteriscos diferença significativa entre as áreas ($p < 0,05$) pelo teste de Mann-Whitney..... 55
- Figura 15 Taxa média de incremento em altura ($\text{m.10}^{-3}.\text{mês}^{-1}$) para a espécie *Vochysia thyrsoidea*. Barra cinza - Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito. Barra branca - Reserva Biológica Unilavras-Boqueirão. As barras de erro representam o desvio padrão ($n = 20$) e os asteriscos diferença significativa ($p < 0,05$) pelo teste de Mann-Whitney..... 57
- Figura 16 Razão de crescimento entre o diâmetro do caule e a altura de *Vochysia thyrsoidea*. Barra branca - Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito. Barra cinza - Reserva Biológica Unilavras-Boqueirão 60
- Figura 17 Comprimento dos entrenós (mm.mês^{-1}) de *Vochysia thyrsoidea*. Barra cinza: Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito ($n = 11$); Barra branca: Reserva Biológica Unilavras-Boqueirão ($n = 19$). As barras de erro representam o desvio padrão..... 61

Figura 18	Número de folhas novas produzidas por ramo de <i>Vochysia thyrsoidea</i> . Barra cinza: Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito (n = 11); Barra branca: Reserva Biológica Unilavras-Boqueirão (n = 19). As barras de erro representam o desvio padrão.	62
Figura 19	Comportamento sazonal de trocas gasosas em <i>Vochysia thyrsoidea</i> . A - Fotossíntese líquida; B - Transpiração; C - Condutância estomática. Os círculos representam a média e as barras representam o desvio padrão (n=15).....	67
Figura 20	Relação entre condutância estomática de <i>Vochysia thyrsoidea</i> e conteúdo relativo de água no solo.	68
Figura 21	Eficiência do uso da água de <i>Vochysia thyrsoidea</i> . Os círculos representam a média e as barras representam o desvio padrão (n=15).....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Média e desvio padrão do diâmetro à altura do solo (DAS) e diâmetro à altura do peito (DAS) observados nos indivíduos de porte baixo, médio e alto nas duas áreas de estudo	32
Tabela 2	Valores médios das variáveis climatológicas para Lavras-MG observados para o ano de 2013 e em um período de 30 anos (normais 1961-1990). São mostrados os valores médios anuais e para o quadrimestre mais frio e seco (MJJA – Maio, Junho, Julho, Agosto) e para o quadrimestre mais quente e chuvoso (JFND – Janeiro, Fevereiro, Novembro e Dezembro). Os desvios referem à diferença entre os valores de 2013 e o normal e a % se refere ao relativo percentual do desvio em relação à normal; o Teste t se refere aos parâmetros (valores de t e de p) da comparação das variáveis observados em 2013 e normais.....	44
Tabela 3	Parâmetros químicos de análise da fertilidade do solo das duas áreas de estudo	49
Tabela 4	Correlação entre o incremento em diâmetro de indivíduos de porte baixo <i>Vochysia thyrsoidea</i> e conteúdo relativo de água no solo (CRA), déficit de pressão de vapor (DPV) e temperatura (T °C)	56
Tabela 5	Correlação entre o incremento em altura de indivíduos de porte baixo <i>Vochysia thyrsoidea</i> e conteúdo relativo de água no solo (CRA), déficit de pressão de vapor (DPV), temperatura (T °C) e diâmetro do caule (DC)	58
Tabela 6	Correlação entre o crescimento de entrenós (CE) de <i>Vochysia thyrsoidea</i> e conteúdo relativo de água no solo (CRA) e déficit de pressão de vapor (DPV).....	64

Tabela 7	Índice de Atividade (IA) e de Fournier (IF) para floração e frutificação de <i>Vochysia thyrsoidea</i>	65
----------	--	----

ANEXO

Tabela 1	Valores médios mensais, anuais e sazonais (\pm desvio padrão; 28 > n < 31) de temperatura, umidade relativa e déficit de pressão de vapor observados em 2013 nas áreas de estudo.....	81
----------	--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	Cerrado: aspectos biogeofísicos.....	19
2.2	Caracterização da espécie estudada.....	21
2.3	Avaliação de crescimento e desenvolvimento de espécies lenhosas em campo.....	24
2.4	Crescimento e desenvolvimento das plantas lenhosas e suas relações com as variações ambientais	26
3	MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1	Áreas de estudo	30
3.2	Caracterização e delimitação do estudo	32
3.3	Características Ambientais.....	34
3.4	Análises de crescimento.....	37
3.4.1	Avaliação do crescimento radial de indivíduos de porte médio e alto de <i>Vochysia thyrsoidea</i>	37
3.4.2	Avaliação do crescimento de indivíduos de porte baixo de <i>Vochysia thyrsoidea</i>	38
3.5	Fenologia	39
3.6	Trocas gasosas.....	40
3.7	Análise de dados	40
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
4.1	Caracterização ambiental	42
4.2	Incremento radial dos indivíduos de porte médio e alto	49
4.3	Taxa de incremento radial e em altura dos indivíduos de porte baixo.....	55
4.4	Crescimento dos ramos e produção de folhas novas	60
4.5	Fenologia reprodutiva	64
4.6	Comportamento sazonal das trocas gasosas.....	65
5	CONCLUSÕES.....	70
	REFERÊNCIAS	71
	ANEXO.....	81

1 INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do Alto do Rio Grande, situada no sul de Minas Gerais, abrange uma região de expressiva concentração de propriedades rurais em áreas de ocorrência de dois importantes domínios vegetacionais: o Cerrado e a Mata Atlântica. Inseridos nessa paisagem com matriz agrossilvipastoril, encontram-se remanescentes de formações vegetais que possuem papel estratégico para o fornecimento de serviços ambientais, como as formações savânicas e campestres do Cerrado.

Nas áreas de influência do Cerrado o fogo é um evento recorrente, seja por causas naturais ou antrópicas. Além deste drástico fator abiótico que afeta o funcionamento e a dinâmica da vegetação, as fitofisionomias savânicas e campestres são caracterizadas, além de solos extremamente pobres em nutrientes, pela baixa disponibilidade hídrica e alta irradiância solar. Apesar dessas condições adversas ao crescimento das plantas, observa-se nessas áreas uma vegetação com estrutura muito complexa e espécies com estratégias de adaptação para crescerem e se estabelecerem frente a essas circunstâncias.

Dentre a diversidade de espécies vegetais que ocorrem nessas fitofisionomias, *Vochysia thyrsoidea* Pohl. (Vochysiaceae) merece destaque por ser uma espécie sempre-verde, de ampla distribuição geográfica e possuir a capacidade de crescer e se desenvolver em locais afetados pelo fogo e com baixa disponibilidade hídrica. Além disso, é hospedeira de *Psittacanthus robustus* Mart. (Loranthaceae), uma hemiparasita que possui relação muito estreita com o gênero *Vochysia*. Por essas características, *V. thyrsoidea* apresenta-se como ótimo modelo para estudos ecofisiológicos que visem verificar respostas de plasticidade às condições adversas de ambiente em espécies lenhosas do Cerrado, ao longo do tempo, através dos padrões de crescimento.

Diante disso, objetivou-se verificar como as limitações impostas pelo ambiente savânico refletem na morfofisiologia de *Vochysia thyrsoidea*. Assim, buscou-se detectar as principais forças motrizes que influenciam nas respostas de crescimento radial, crescimento em altura e de ramos, comportamento fenológico e características de trocas gasosas desta espécie em duas áreas de cerrado rupestre no Sul de Minas Gerais - Brasil.

Deste modo, espera-se ampliar o conhecimento sobre a ecofisiologia de espécies lenhosas de ambientes savânicos, bem como contribuir para a compreensão das estratégias de resistência utilizadas por essas espécies para se estabelecerem nestes locais onde a disponibilidade hídrica é reduzida e a ocorrência do fogo é frequente.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cerrado: aspectos biogeofísicos

Com cerca de dois milhões de km², o Cerrado constitui o segundo maior domínio do Brasil, superado apenas pela Amazônia. Ocorre em sua maior parte na porção Centro-Sul do Brasil. É formado por um mosaico vegetacional com fitofisionomias florestais, campestres e savânicas (OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 2002; RIBEIRO; WALTER, 2008). O clima é caracterizado por uma estação chuvosa (outubro a abril) e por uma estação seca (maio a setembro), que, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw (tropical sazonal, com inverno seco). Ao sul do domínio, em áreas de clima mais ameno, ocorre o tipo climático Cwa (clima subtropical, com inverno seco e verão quente) (RIBEIRO; WALTER, 2008).

O Cerrado também é composto por diferentes tipos de solo. Dentre eles, os Latossolos são predominantes, cobrindo cerca de 48% da área, enquanto os Neossolos Quartzarênicos, Argissolos e Neossolos Litólicos cobrem, respectivamente, 14,4%, 13,6% e 7,4% da área. Os outros 16,6% estão distribuídos em outras classes de solo em menores proporções (RIBEIRO; WALTER, 2008). Quanto às características químicas gerais, os solos do Cerrado são bastante ácidos, com saturação elevada de alumínio e baixa disponibilidade de nutrientes, como nitrogênio e fósforo (RIBEIRO; WALTER, 2008; SOUSA; LOBATO, 2004). Além disso, a topografia é bastante variável (entre 300 e 1600 m de altitude), o que ocasiona diferenças microclimáticas, de disponibilidade hídrica, de ambientes radiativos e de regimes de queimadas entre suas fitofisionomias (BUSTAMANTE et al., 2012; ROSSATTO et al., 2012).

As fitofisionomias florestais localizam-se em altitudes mais baixas, são menos susceptíveis à ocorrência do fogo, possuem maior disponibilidade hídrica

e formam um dossel contínuo (HOFFMANN et al., 2012; ROSSATTO et al., 2010). A mata ciliar e mata de galeria estão associadas a cursos de água que podem ocorrer em terrenos bem drenados ou mal drenados. Já a mata seca e o cerradão ocorrem nos interflúvios em terrenos bem drenados, sem associação com cursos de água. As fitofisionomias savânicas apresentam árvores e arbustos esparsos sem a formação de dossel contínuo e são divididas em quatro tipos fitofisionômicos principais: cerrado *stricto sensu* (subdividido em cerrado denso, cerrado típico, cerrado ralo e cerrado rupestre), parque cerrado, palmeiral e vereda. Já as fitofisionomias campestres englobam o campo sujo, campo limpo e o campo rupestre (RIBEIRO; WALTER, 2008).

De modo geral, as fitofisionomias abertas estão presentes em áreas de maior altitude, menor disponibilidade hídrica e altos valores de radiação solar (RIBEIRO; WALTER, 2008). Nessas áreas, a presença do fogo é comum e há registros de sua ocorrência desde o final do Pleistoceno (MIRANDA; BUSTAMANTE; MIRANDA, 2002). O fogo é um evento necessário para a manutenção da abertura do dossel dessas fitofisionomias (RATNAM et al., 2011), influenciando também na distribuição e na composição florística (PINHEIRO; DURIGAN, 2009).

Apesar das queimadas serem uma perturbação intrínseca na dinâmica do Cerrado, seu regime vem sendo alterado devido à alta pressão antrópica. Nas últimas décadas, este domínio sofreu forte expansão agrícola e hoje possui destaque no agronegócio nacional e mundial (MATOS; PESSÔA, 2012). Porém, essa expansão tem tornado a paisagem natural cada vez mais fragmentada, ocasionando grandes danos ambientais sobre a biodiversidade.

Por ser uma das savanas mais ricas e diversificadas do mundo, com alto grau de endemismo e perda rápida de habitats devido às mudanças nos regimes de fogo e à intensa conversão de vegetação nativa em pastagem e cultivo (BUSTAMANTE et al., 2012), o Cerrado é considerado um dos *hotspots* de

biodiversidade e desperta especial atenção para a conservação dos seus recursos naturais (MYERS, 2000). Com efeito, um dos principais desafios na conservação do Cerrado é demonstrar a importância que a biodiversidade desempenha no funcionamento dos ecossistemas (KLINK; MACHADO, 2005). Para isso, torna-se necessário o entendimento das respostas da vegetação de diferentes fitofisionomias às condições climáticas atuais a fim de se obter inferências climáticas futuras para fins de manejo e conservação ambiental.

2.2 Caracterização da espécie estudada

Conhecida como gomeira pela capacidade de secretar uma goma similar à goma arábica, *Vochysia thyrsoidea* Pohl. (Figura 1) é uma espécie nativa do Cerrado brasileiro e pertence à família Vochysiaceae (LORENZI, 1998). Possui ampla distribuição geográfica, sendo encontrada nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Bahia, Ceará e Goiás em fitofisionomias abertas associadas a terrenos pedregosos, em altitudes que variam de 800 a 1000 m (LORENZI, 2002; RIZZINI; MORS, 1976; SILVA, 2005). É uma das espécies mais comuns nos cerrados de maior altitude, marcando assim, transição para os campos rupestres em várias regiões serranas (OLIVEIRA-FILHO; FLUMINHAN, 1999).

A árvore desta espécie é caracterizada por apresentar o tronco com casca grossa, ritidoma com fissuras e cristas descontínuas e sinuosas. O fuste retilíneo, às vezes contorcido, pode atingir até 12 m de altura (LORENZI, 1998). Possuem ramos voltados para cima, onde as folhas verticiladas, simples e glabras ficam agrupadas em número de 3 a 5 em cada ponto do ramo (nó) e suas margens ficam enroladas para baixo. As inflorescências são eretas acima da folhagem e as flores possuem pétalas amarelas. Os frutos têm até quatro centímetros de comprimento, são lenhosos, de cor castanha (tipo cápsula loculicida) e quando

maduros, abrem-se em três partes para liberar três sementes aladas, que são dispersas pelo vento (ALMEIDA et al., 1998). É uma espécie sempre-verde, floresce durante os meses de novembro-dezembro e os frutos amadurecem em agosto-setembro, no final da estação seca (LORENZI, 1998). Outra característica peculiar da espécie é a capacidade de acumular alumínio, o que confere uma vantagem competitiva nos solos ácidos do Cerrado (FELFILI; SILVA-JUNIOR, 1992).

Além disso, *V. thyrsoides* é hospedeira da hemiparásita *Psittacanthus robustus* Mart. (Loranthaceae) (Figura 2), uma erva-de-passarinho que coloniza principalmente espécies de Vochysiaceae em Cerrados brasileiros (MONTEIRO; MARTINS; YAMAMOTO, 1992). Essas ervas-de-passarinho preferem hospedeiros mais altos e mais velhos, uma vez que estão expostos há mais tempo à infestação e facilitam a dispersão de suas sementes, que é realizada por pássaros (AUKEMA, 2004; ROXBURGH; NICOLSON, 2008). Teodoro et al. (2010) ainda apontaram que, no caso de *V. thyrsoides*, o consequente distanciamento do solo proporcionado pelos indivíduos mais altos aumentam as chances de sobrevivência dos parasitas durante os eventuais incêndios que ocorrem nesse domínio. As hemiparásitas podem prejudicar a planta hospedeira em seu crescimento, reprodução, forma e fisiologia. De um ponto de vista mais abrangente, o parasitismo também pode afetar a ecologia da comunidade vegetal, tanto como oferta de alimento para a avifauna, quanto colaborando para a dinâmica da comunidade, ao levar suas respectivas hospedeiras à morte ou, pelo menos, reduzindo a sua competitividade na comunidade (HOWELL; MATHIASSEN, 2004).

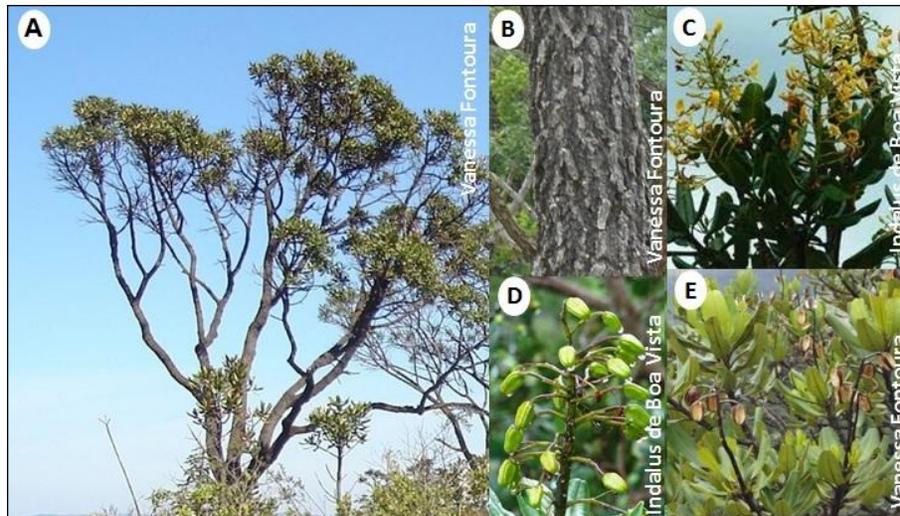


Figura 1 *Vochysia thyrsoidea* Pohl. (A) Aspecto geral da espécie adulta; (B) tronco revestido de ritidoma; (C) inflorescência; (D) frutos verdes; (E) frutos maduros



Figura 2 Hemiparasita *Psittacanthus robustus* Mart. colonizando *Vochysia thyrsoidea*

2.3 Avaliação de crescimento e desenvolvimento de espécies lenhosas em campo

Crescimento e desenvolvimento são processos distintos que podem ocorrer simultaneamente ou não. Enquanto o crescimento vegetal se refere às mudanças irreversíveis de dimensões físicas de órgãos da planta, como massa, volume, comprimento e área, o desenvolvimento vegetal envolve a diferenciação celular, a morfogênese, o aparecimento e a senescência de órgãos (WILHELM; MCMASTER, 1995).

O crescimento e o desenvolvimento de espécies lenhosas em campo podem ser estudados através de abordagem observacional, que permite avaliar a trajetória do sistema vegetal em um determinado intervalo de tempo. Dentro dessa abordagem, pode-se avaliar crescimento e desenvolvimento através de medidas lineares, como: incremento em diâmetro, medidas pontuais obtidas com equipamentos específicos e também através de registros descritivos, como a fenologia.

Parte da estrutura da vegetação pode ser explicada através da avaliação de sua distribuição diamétrica (MACHADO et al., 2010). Esse tipo de avaliação pode ser realizado através de estudos fitossociológicos e também através de dendrômetros ou bandas dendrométricas, que são adequados para o monitoramento do incremento radial, fornecendo informações a respeito do ritmo da atividade cambial.

O uso de bandas dendrométricas foi apresentado por Hall (1944) para monitorar o crescimento diamétrico em floresta temperada. Desde então, esse instrumento tem sido empregado por diversos pesquisadores no Brasil (FERREIRA-FEDELE et al., 2004; FIGUEIREDO-FILHO et al., 2003; HOFFMANN, 2002; ROSSATTO; HOFFMANN; FRANCO, 2009; SCHÖNGART et al., 2002; SILVA et al., 2002, 2003).

As bandas dendrométricas apresentam várias vantagens, o que faz com que sejam utilizadas na maioria dos estudos brasileiros. Tais vantagens são: (1) facilidade na instalação e leitura; (2) precisão das medições; (3) baixo custo (CARVALHO; FELFILI, 2011). Por outro lado, a principal desvantagem é o tempo de ajuste. De acordo com a literatura, as bandas dendrométricas precisam de um tempo de ajuste antes da primeira medição, pois elas tendem a subestimar o crescimento diamétrico. Esse tempo varia de acordo com diversos fatores, que podem incluir espécie, espessura da casca e umidade do solo (KEELAND; YOUNG, 2012). Para Bower e Blocker (1966) e Cameron e Lea (1980), as bandas devem ser instaladas um ano antes do início das medições. Outros autores, em seus estudos, descartaram as medidas de dois, três a sete meses iniciais (ROSSATTO, 2008; SILVA et al., 2002; ZANON; FINGER, 2010).

Como o crescimento é avaliado por meio de variações em tamanho de algum aspecto da planta, geralmente morfológico, isso evidencia que a análise de crescimento está baseada no fato de que 90%, em média da matéria seca acumulada pelas plantas, ao longo do seu crescimento, resultam da atividade fotossintética, esta passa a ser o componente fisiológico de maior importância na análise de crescimento (BENINCASA, 2003). Sendo assim, avaliações de trocas gasosas juntamente com outras medidas lineares podem gerar resultados consistentes para espécies lenhosas em campo. No entanto, o acesso às copas das árvores é dificultado devido às grandes alturas, sendo preciso o uso de escada, ou então, podão, para retirar os ramos mais altos sem a remoção das folhas (CHAGAS JÚNIOR, 2013).

Além das medidas pontuais, numerosos estudos fenológicos têm sido realizados com espécies lenhosas objetivando descrever principalmente os padrões temporais de crescimento e reprodução das plantas (BATALHA; MANTOVANI, 2000; LOBÃO, 2011; MARIA, 2002; ROSSATTO; HOFFMANN; FRANCO, 2009). Por meio desses estudos é possível reunir

informações a respeito do estabelecimento de espécies, o período de crescimento vegetativo, reprodução, grau de deciduidade e a disponibilidade de nutrientes que podem estar associadas a mudanças na qualidade e na abundância de recursos para a planta (MORELLATO et al., 1990).

Sem dúvida, a abordagem observacional realizada em campo busca a coleta de dados válidos e confiáveis. No entanto, é importante padronizar o observador e o uso de metodologias adequadas para estabelecer os fatores importantes no comportamento do objeto de estudo. Caso isso não aconteça, podem ser gerados resultados errôneos e controversos. Outro fator que deve ser levado em conta é o tempo em que a observação é realizada. Se o período de tempo for muito curto, pode não se ter uma visão sobre os fatores que podem influenciar nas características estudadas.

Um dos problemas da observação é o tratamento e a análise de dados, visto que, em um experimento manipulativo são estabelecidos controles válidos entre as réplicas e qualquer diferença consistente na variável resposta pode ser atribuída, com confiança, às diferenças no fator manipulado. Já em estudos observacionais não se tem a mesma confiança ao interpretar os resultados. Entretanto, isso não significa que a abordagem de observação não seja válida. Pelo contrário, é mais desafiadora, pois podem ser aplicadas em qualquer escala espacial, ao longo de qualquer intervalo de tempo e o pesquisador pode fazer réplicas adequadamente, coletando dados adicionais para distinguir entre as hipóteses do estudo (GOTELLI; ELLISON, 2011).

2.4 Crescimento e desenvolvimento das plantas lenhosas e suas relações com as variações ambientais

O crescimento das plantas depende de fatores como a disponibilidade dos recursos ambientais (temperatura, precipitação, vento, insolação e

nutrientes), espaços físicos, edáficos (características físicas, químicas e biológicas), topográficos (inclinação, altitude e exposição) e fatores de competição pela influência de outras espécies, tamanho e constituição genética da espécie bem como sua história de desenvolvimento. Cada um destes pode afetar de forma isolada ou em conjunto o crescimento das árvores (POORTER; BONGERS, 1993).

Atualmente, as mudanças climáticas têm sido apontadas como força motriz sobre as alterações dos processos fisiológicos e ecológicos da vegetação (KING et al., 2013). Essas alterações refletem na capacidade das plantas em apresentar respostas adaptativas funcionais em relação às condições ambientais. Dessa forma, vários estudos sobre crescimento radial através de bandas dendrométricas ou através da análise dos anéis de crescimento vêm sendo conduzidos visando entender como as variações ambientais podem afetar o crescimento. Dentre os fatores abióticos de interação obrigatória com as plantas, a água é um dos mais importantes, e variações na sua disponibilidade podem alterar as taxas de crescimento (SILVA et al., 2003). O excesso ou insuficiência de água disponível no solo causa um decréscimo na taxa fotossintética, refletindo na diminuição do crescimento das plantas.

Diversos trabalhos têm utilizado os dendrômetros para a avaliação da taxa e do ritmo de crescimento do tronco de árvores. Em plantações florestais de eucalipto os resultados das pesquisas com a aplicação de dendrômetros têm demonstrado a forte influência do manejo e das variáveis climáticas na sazonalidade do crescimento em diâmetro do tronco das árvores (GREEN, 1969; LACLAU et al., 2003; MARIEN; THIBOUT, 1980; SETTE JUNIOR et al., 2010; VALENZIANO; SCARAMUZZI, 1967; WIMMER; DOWNES; EVANS, 2002).

Zanon e Finger (2010) usaram cintas dendrométricas para avaliar a periodicidade do crescimento de araucárias de um povoamento implantado na

Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS. Os resultados desse estudo mostraram que o incremento radial foi diretamente correlacionado com as variáveis meteorológicas, sendo que os maiores incrementos foram associados às maiores temperaturas médias mensais e também aos períodos em que houve maior precipitação. Worbes (1995) também estudou a influência das flutuações climáticas sobre o crescimento de 37 espécies florestais localizadas na Reserva Florestal de Caparaó, na Venezuela. Observou que a atividade cambial foi mais alta no período das chuvas decrescendo no período seco até a dormência cambial.

Devido à falta de informações sobre as respostas de crescimento de espécies que vivem em regiões propensas à seca, Pasho et al. (2012) realizaram um estudo, onde identificaram as principais variáveis que controlam as respostas de crescimento de oito espécies de árvores do Mediterrâneo através de um gradiente climático. Os resultados mostraram que as respostas de crescimento foram impulsionadas principalmente pela precipitação pluviométrica. Os autores verificaram alta variabilidade nas respostas das espécies conforme o gradiente, concluindo assim que, a maioria das árvores na área do estudo seria adversamente afetada sob períodos severos de seca. Para Giorgi e Lionello (2008) é importante a compreensão das repostas adaptativas das espécies lenhosas às essas condições ambientais, pois devido às mudanças climáticas, a seca será mais frequente e severa nesses locais.

Rossatto (2008) encontrou relação significativa entre incremento diamétrico e pluviosidade tanto para a mata de galeria quanto para cerrado *stricto sensu*, indicando que o crescimento em diâmetro está diretamente relacionado com a ocorrência de chuvas.

Embora as populações estejam estabelecidas nesses locais e possuam tolerância às flutuações ambientais, o rápido aquecimento global pode ter uma distinta influência sobre a distribuição das espécies no futuro, e

consequentemente da composição da comunidade. Sendo assim, em regiões savânicas, como o Cerrado, estes estudos são importantes, principalmente para entender o comportamento de espécies lenhosas em áreas de pouca disponibilidade hídrica e também afetadas frequentemente por queimadas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Áreas de estudo

O estudo foi realizado em duas áreas de cerrado rupestre dentro de Unidades de Conservação situadas na região de abrangência da bacia hidrográfica do Alto do Rio Grande, no sul de Minas Gerais, região Sudeste do Brasil (Figura 3). A área de abrangência dessa bacia é composta por uma acentuada variedade de fitofisionomias vegetacionais em razão de estar numa região de ecótono entre a Mata Atlântica e o Cerrado e também ao relevo acidentado. No entanto, grande parte de sua vegetação original foi fragmentada devido às atividades agrossilvipastoris da região, restando apenas poucos remanescentes.

A primeira área encontra-se no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito (PEQRB), localizado ao sul do município de Lavras, junto à divisa com o município de Ingaí, nas coordenadas geográficas centrais da área de 21°19'S e 44°58'W e com altitudes variando de 1000 a 1300 m (DANANESI; OLIVEIRA FILHO; FONTES, 2004). Os solos predominantes são Neossolos Litólicos e Cambissolos Háplicos (CURI et al., 1990). O parque é composto por uma variedade de fisionomias vegetacionais distribuídas em 209,7 ha e constitui valiosa amostra da vegetação original da região banhada pela bacia do Alto do Rio Grande (DANANESI; OLIVEIRA FILHO; FONTES, 2004; OLIVEIRA-FILHO; FLUMINHAN-FILHO, 1999).

A segunda área localiza-se na Reserva Biológica Unilavras-Boqueirão (RBUB), no município de Ingaí, nas coordenadas geográficas de 21°20'S e 44°59'W e com altitudes entre 1100 e 1250 m (PEREIRA; VOLPATO, 2005). A Reserva possui aproximadamente 160 ha, onde podem ser encontrados diferentes trechos de campos (rupestre, limpo e sujo), cerrado *stricto sensu* e

formações florestais. Encontram-se ainda em meio a essas áreas naturais, algumas severamente antropizadas, onde se observa a presença de pastagens constituídas por capim-braquiária (*Brachiaria* spp.) (ALEXANRE JÚNIOR; SOARES JÚNIOR, 2009).

O padrão climático das duas áreas de estudo, segundo o Sistema de Classificação Climática de Köppen (1948), enquadra-se no tipo Cwb (mesotérmico com inverno seco e verão ameno).

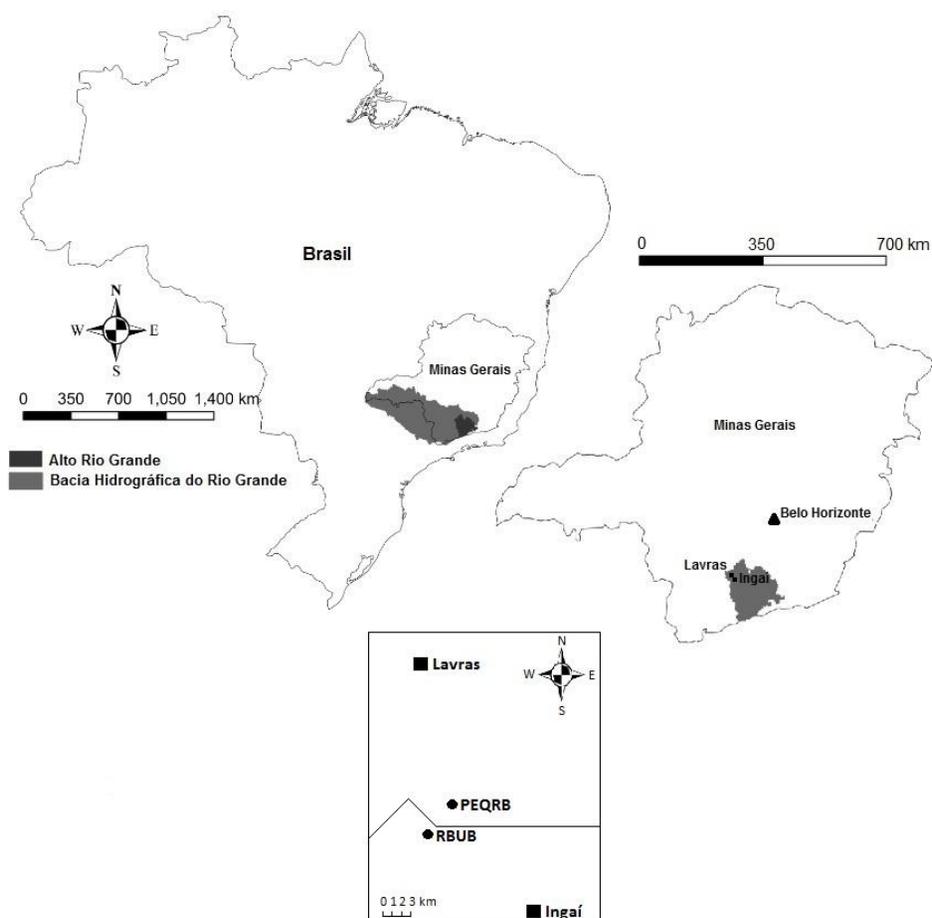


Figura 3 Localização das áreas de estudo: PEQRB (Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito) e RBUB (Reserva Biológica Unilavras-Boqueirão)

3.2 Caracterização e delimitação do estudo

O estudo foi realizado, com avaliações mensais, no período de janeiro a dezembro de 2013. Em cada área foram selecionados 30 indivíduos de *Vochysia thyrsoidea* de porte baixo (< 1,70 m) com DAS < 3 cm e 30 indivíduos de porte médio e alto (> 2,50 m) com DAP \geq 5 cm e com troncos sem bifurcação a 1,30 m do solo (Tabela 1). O diâmetro dos indivíduos de baixo porte foi medido à altura do solo devido às baixas alturas.

Os indivíduos do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito foram marcados entre as altitudes 1033 m e 1083 m, e os da Reserva Biológica Unilavras-Boqueirão, de 1077 m a 1100 m. As figuras 4 e 5 ilustram a distribuição espacial dos indivíduos selecionados em cada área de estudo. Os 60 indivíduos selecionados no PEQRB foram distribuídos em uma área de aproximadamente 9.500 m² e os da RBUB em 6.500 m².

Tabela 1 Média e desvio padrão do diâmetro à altura do solo (DAS) e diâmetro à altura do peito (DAP) observados nos indivíduos de porte baixo, médio e alto nas duas áreas de estudo

	Ind. de porte baixo (< 1,70 m)		Ind. de porte médio e alto (> 2,50 m)	
	DAS médio (cm)	Desvio padrão (cm)	DAP médio (cm)	Desvio padrão (cm)
PEQRB	0,44	0,19	13,15	5,66
RBUB	2	0,41	8,28	3,18

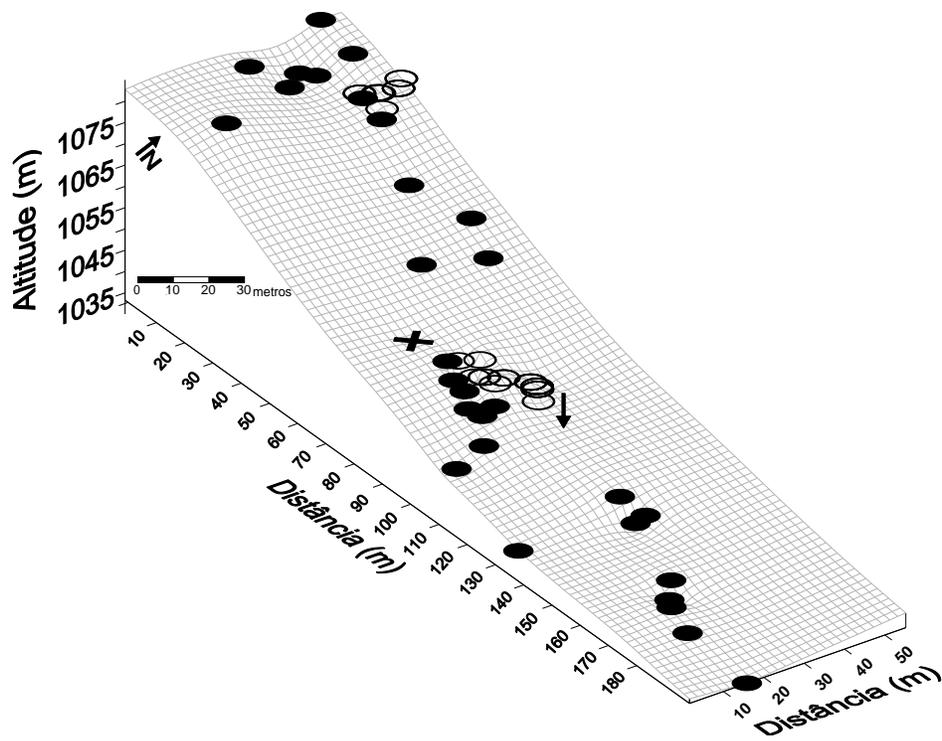


Figura 4 Distribuição espacial dos indivíduos de *Vochysia thyrsoidea* estudados no PEQRB. Círculos fechados: indivíduos de porte médio e alto; Círculos abertos: indivíduos de porte baixo; Cruz: Termohigrômetro; Seta: centro da área de estudo, com coordenadas -21,3288 S e -44,9732 W

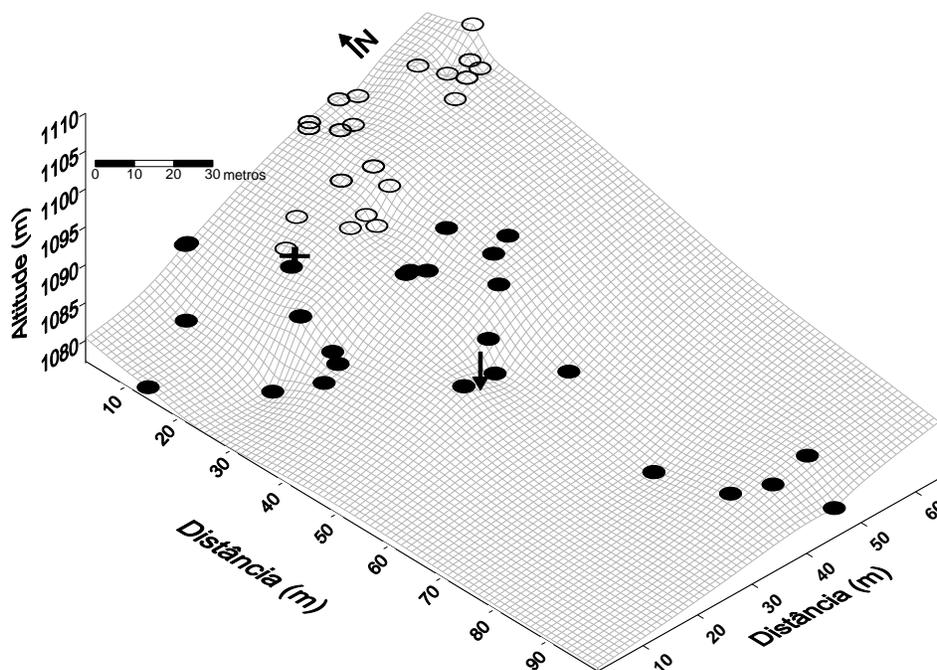


Figura 5 Distribuição espacial dos indivíduos de *Vochysia thyrsoidea* estudados na RBUB. Círculos fechados: indivíduos de porte médio e alto; Círculos abertos: indivíduos de porte baixo; Cruz: Termohigrômetro; Seta: centro da área de estudo, com coordenadas - 21,3475 S e -44,9899 W

3.3 Características Ambientais

Durante o período de estudo, a temperatura (T - °C) e a umidade relativa do ar (UR - %) de cada área foram monitoradas a cada 30 minutos, utilizando dois termohigrômetros RHT10 (*Extech instruments*), instalados nas posições indicadas nas figuras 4 e 5, a 1,30 m do nível do solo, em abrigos meteorológicos.

A partir desses dados, calculou-se o déficit de pressão de vapor do ar (DPV- kPa) conforme o método proposto por Jones (1992), expresso através das equações 1, 2 e 3:

$$DPV = es - ea \quad (1)$$

em que es é a pressão de saturação de vapor e ea , a pressão parcial de vapor, estimados em função da temperatura do ar por:

$$es = 0,61078 e^{\left[\frac{17,269 Ta}{Ta+237,3} \right]} \quad (2)$$

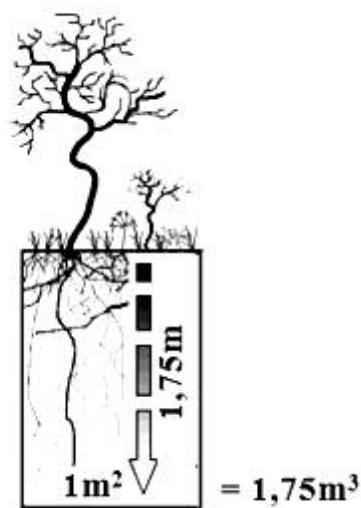
$$ea = \frac{UR . es}{100} \quad (3)$$

sendo Ta a temperatura média do ar ($^{\circ}C$) e UR a umidade relativa do ar (%).

A radiação global incidente ($R_g - W.m^{-2}$) em cada área de estudo foi avaliada, de março a dezembro de 2013, entre 10h e 30min e 12h. Para essa quantificação, foram utilizados três piranômetros acoplados a um datalogger LI-400 (*LI-COR*).

O conteúdo de água no solo foi obtido através do cálculo de balanço hídrico climatológico (BHC) baseado na profundidade do sistema radicular de *Vochysia thyrsoidea*. Na literatura, esse dado não foi encontrado, então se tomou como base *Vochysia elliptica* Mart., que possui um sistema radicular de 3 a 4 m (MOREIRA et al., 2003; SCHOLZ et al., 2002). Para o cálculo, considerou-se exploração de 1,75 m em um modelo retangular (50% de 3,50 m). A partir desses dados e os de capacidade de campo (CC) obtidos em cada área, calculou-se a capacidade máxima de água disponível no solo (CAD) (Figura 6). Com os dados de temperatura obtidos em cada área de estudo e precipitação pluviométrica obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), foram efetuados cálculos de evapotranspiração para saber a quantidade de água disponível no solo.

A capacidade de campo (CC) do solo foi determinada a partir de duas amostras de substratos que foram secas em estufa de circulação forçada a 70°C, pelo período de 72 horas. Decorrido esse tempo, determinou-se a massa do solo seco e em seguida, foi feita saturação do substrato com água, deixando transcorrer mais 48 horas para que a água pudesse percolar, restando somente a quantidade que ficasse aderida às partículas do solo.



	CC	CAD
PEQRB	0,14 m ³ .m ⁻³	245 mm
RBUB	0,18 m ³ .m ⁻³	315 mm

Figura 6 Capacidade máxima de água disponível no solo (CAD) para as duas áreas de estudo, de acordo com o cálculo de balanço hídrico efetuado

Para a verificação de anomalias no clima ao longo do período experimental, foram coletados dados de temperatura, umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica, insolação e quantidade de água armazenada no solo na camada de 0-1 m para o município de Lavras em 2013 e dados das normais

climatológicas (1961-1990). Esses dados foram obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Além desses dados, os solos obtidos em cada área de estudo foram submetidos à análise de parâmetros químicos para a caracterização da fertilidade. Essa análise foi realizada pelo Laboratório de Análises do Solo do Departamento de Ciência do Solo - UFLA.

3.4 Análises de crescimento

Ao longo do período de estudo, realizou-se avaliações de crescimento nos indivíduos de porte alto, médio e baixo de *Vochysia thyrsoidea*, como segue:

3.4.1 Avaliação do crescimento radial de indivíduos de porte médio e alto de *Vochysia thyrsoidea*

Para avaliar o incremento radial mensal de indivíduos de porte médio e alto de *Vochysia thyrsoidea*, foram confeccionadas bandas dendrométricas conforme metodologia descrita por Keeland e Young (2012): cada banda dendrométrica foi feita a partir de uma fita de aço inoxidável (15 mm de largura e 0,1 mm de espessura) ajustada ao redor do tronco da árvore (1,30 do solo) e mantida sob tração por uma mola de aço inoxidável (38 mm de alcance, 6,35 mm de diâmetro externo e 0,65 mm de diâmetro do arame). Após a montagem, uma marca foi feita na fita de aço indicando o ponto inicial. À medida que o tronco expande ou contrai, a marca se move, permitindo medições de pequenas variações no comprimento da banda obtidas com paquímetro digital (resolução 0,01 mm). Como *Vochysia thyrsoidea* possui casca grossa e fissurada longitudinalmente, foi preciso raspar um pouco da casca no local da instalação da banda dendrométrica para eliminar os pontos irregulares. Antes da raspagem,

mediu-se a casca a 1,30 m do solo com o auxílio de um medidor de espessura de casca de árvore MCA-100 (*SoilControl*). A espessura da casca foi semelhante para as duas áreas de estudo, variando de 1,4 a 3,7 cm para os indivíduos do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito e de 1,1 a 3,2 cm para os presentes na ReBio Unilavras-Boqueirão.

No Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, as bandas dendrométricas foram instaladas em outubro de 2012, as medições se iniciaram em janeiro de 2013 e foram avaliadas até dezembro de 2013, porém descartaram-se as medidas de janeiro, pois o crescimento registrado nesse mês estava acumulado desde outubro, o que prejudicaria escala temporal da análise do estudo, que é mensal. Já na Reserva Biológica Unilavras-Boqueirão, a instalação foi realizada em janeiro de 2013 e as medidas foram avaliadas de abril a dezembro de 2013, desprezando-se as medidas de fevereiro e março (período de ajuste da banda dendrométrica).

3.4.2 Avaliação do crescimento de indivíduos de porte baixo de *Vochysia thyrsoidea*

Foram realizadas, mensalmente, medidas de altura e diâmetro à altura do solo (DAS) em 30 indivíduos com DAP < 3 cm de *V. thyrsoidea* em cada área de estudo. Utilizou-se uma trena graduada em milímetros para a realização de medidas de altura e um paquímetro digital IP54 (resolução 0,01 mm) (*Insize*) para o diâmetro. A partir desses dados, calcularam-se as taxas médias de incremento mensal em altura e diâmetro.

3.5 Fenologia

A fenologia reprodutiva (floração e frutificação) foi observada a cada 30 dias, de janeiro a dezembro de 2013, nas mesmas árvores em que foram instaladas as bandas dendrométricas. Para quantificação das fenofases em cada indivíduo, foi adotado o método proposto por Fournier (1974), que consiste numa escala intervalar semi-quantitativa composta por cinco categorias (0 a 4), sendo: 0 = ausência da fenofase; 1 = intensidade entre 1 e 25%; 2 = intensidade entre 26 e 50%; 3 = intensidade entre 51 e 75% e 4 = intensidade entre 76 e 100%. Em cada mês, faz-se a soma dos valores de intensidade obtidos para todos os indivíduos e divide-se pelo valor máximo possível (número de indivíduos multiplicado por quatro). O valor obtido, que corresponde a uma proporção, é então multiplicado por 100, para transformá-lo em um valor percentual.

Calculou-se também o índice de atividade (ou porcentagem de indivíduos), que constata somente a presença ou ausência da fenofase no indivíduo, não estimando intensidade ou quantidade. Esse método de análise tem caráter quantitativo em nível populacional, indicando a porcentagem de indivíduos da população que está manifestando determinado evento fenológico. Este método também estima a sincronia entre os indivíduos de uma população (MORELLATO et al., 1990), levando-se em conta que quanto maior o número de indivíduos manifestando a fenofase ao mesmo tempo, maior é a sincronia desta população.

Além da fenologia reprodutiva, avaliou-se o crescimento de ramos e a produção de novas folhas dos indivíduos no PEQRB e da ReBio Unilavras-Boqueirão. Todos os ramos selecionados foram marcados com fita vermelha e, com o auxílio de uma caneta preta permanente (*Sharpier*), uma marca foi feita no nó e no limbo das folhas para o acompanhamento mensal. O crescimento dos

entrenós foi medido com o um paquímetro digital IP54 (resolução 0,01 mm) (*Insize*). Para facilitar o processo de coleta de dados, utilizou-se uma escada extensiva e os ramos foram selecionados em regiões mais baixas da copa, na periferia exposta ao sol.

3.6 Trocas gasosas

As avaliações de trocas gasosas foram realizadas mensalmente no período de fevereiro a dezembro. Não foram realizadas avaliações nos meses de abril e maio, em ambas as áreas, devido a problemas no equipamento. Foram utilizadas as mesmas plantas em que foram medidos o diâmetro (DAS) e a altura. As avaliações foram realizadas em dias típicos, predominantemente claros, entre 8 h e 11 h, com o auxílio de um Analisador Portátil de CO₂ a infravermelho - IRGA-LC4 (*ADC Instruments*), em uma folha madura do segundo nó de cada planta (no sentido ápice-base). Foram determinados os valores de fotossíntese líquida (A - $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), transpiração (E - $\text{mmolH}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) e condutância estomática (gs - $\text{mol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). A partir desses valores, calculou-se a eficiência instantânea do uso da água (EUA- $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{mmolH}_2\text{O}^{-1}$), conforme a equação 4:

$$\text{EUA} = \frac{A}{E} \quad (4)$$

3.7 Análise de dados

Os dados foram testados quanto à sua normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk. Os valores médios das análises de crescimento (incremento radial e altura) e ambientais (temperatura, umidade relativa do ar, déficit de pressão de vapor, precipitação e insolação) foram comparados pelo teste t (paramétrico) e

pelo teste de Wilcoxon-Mann-Whitney (não paramétrico) em nível de significância de 5%. Para verificar relações entre dados de crescimento, fenológicos e de características fisiológicas, foram realizadas correlações de Pearson (paramétrico) e Spearman (não paramétrico).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização ambiental

Os dados de temperatura, umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica, insolação e armazenamento de água na camada de 0-1m de solo observados no ano de 2013 para Lavras-MG foram comparados com as normais climatológicas do período de 1961 a 1990 (Figuras 7 e 8).

Através dessa comparação, observou-se que 2013 foi um ano mais seco, com redução de 9,7% da precipitação anual normal. Nos meses que compreendem o quadrimestre mais frio e seco (maio, junho, julho e agosto), a precipitação reduziu cerca de 20,7%, diminuindo ainda mais a disponibilidade hídrica neste período do ano. O mesmo ocorreu para o quadrimestre mais quente e chuvoso (janeiro, fevereiro, novembro e dezembro), que teve redução de 6,3% da precipitação. A temperatura máxima anual foi semelhante à normal climatológica, no entanto, a temperatura mínima foi significativamente diferente ($p=0,001$), com aumento de 1°C. Nos meses mais secos, o aumento foi de 1,5°C, o que representa um desvio de 13,4%. Esses valores refletem na temperatura média, tornando-a também elevada. Em relação à umidade relativa do ar, foi possível verificar pequenos desvios, sendo o maior no quadrimestre mais quente e chuvoso, com redução de 5,5%. A insolação também diminuiu no ano de 2013, mas não diferiu significativamente das normais climatológicas (Tabela 2).

O armazenamento de água na camada de 0-1 m do solo (Figura 8) mostrou que o ano de 2013 passou por maiores períodos de seca, acumulando um déficit hídrico de 122 mm em relação ao período normal.

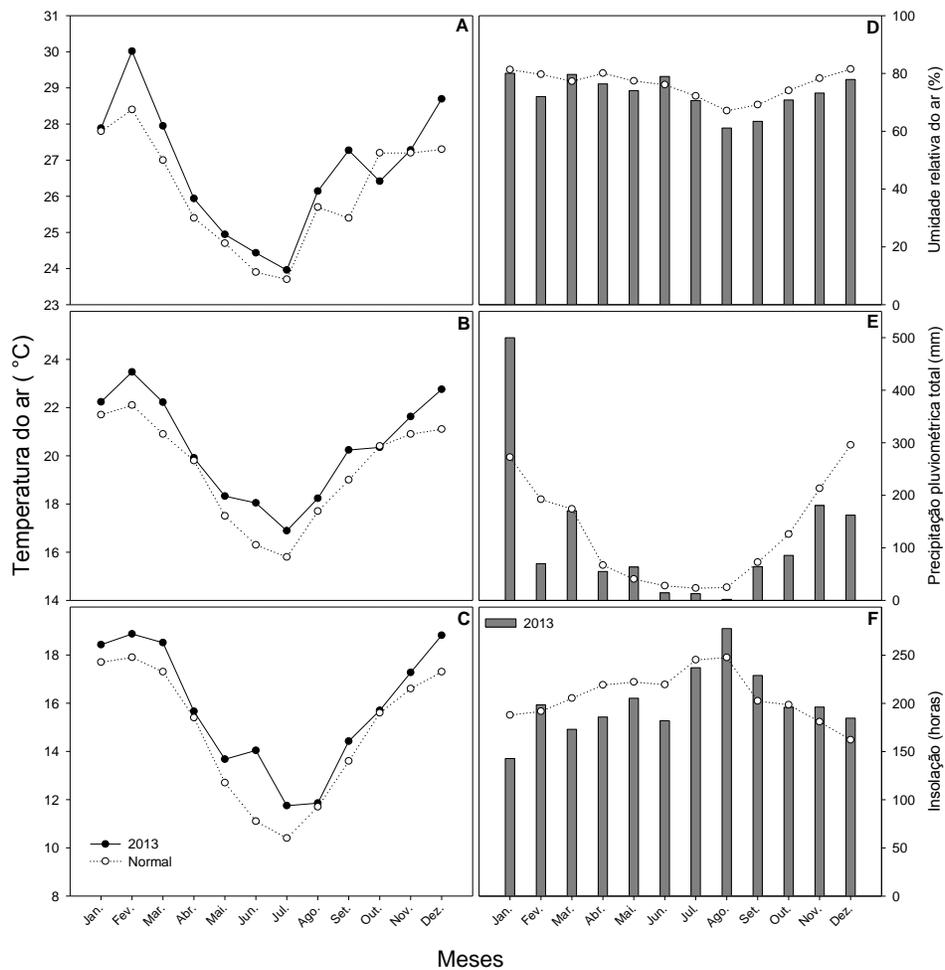


Figura 7 Dados climatológicos para Lavras-MG observados no ano de 2013 e em um período de 30 anos (normais 1961-1990). A – Temperatura máxima; B – Temperatura média; C – Temperatura mínima; D – Umidade relativa do ar; E – Precipitação pluviométrica total e F – Insolação. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2014)

Tabela 2 Valores médios das variáveis climatológicas para Lavras-MG observados para o ano de 2013 e em um período de 30 anos (normais 1961-1990). São mostrados os valores médios anuais e para o quadrimestre mais frio e seco (MJJA – Maio, Junho, Julho, Agosto) e para o quadrimestre mais quente e chuvoso (JFND – Janeiro, Fevereiro, Novembro e Dezembro). Os desvios referem à diferença entre os valores de 2013 e o normal e a % se refere ao relativo percentual do desvio em relação à normal; o Teste t se refere aos parâmetros (valores de t e de p) da comparação das variáveis observados em 2013 e normais

		Temp. Máxima (°C)	Temp. Média (°C)	Temp. Mínima (°C)	Precipitação (mm)	Umidade Relativa (%)	Insolação (horas)
Anual	2013	26,7	20,4	15,7	1380,6	73,2	2408,4
	Normal	26,1	19,4	14,8	1529,7	76,2	2483,4
	Desvio	0,6	0,9	1,0	-149,1	-3,0	-75,0
	%	2,3	4,8	6,6	-9,7	-3,9	-3,0
	Teste t*	t=0,88 p=0,39	t=1,06 p=0,17	t=-3,76 p=0,001	t=0,26 p=0,80	t=-1,35 p=0,20	t=-0,51 p=0,62
MJJA	2013	24,8	17,7	12,5	92,6	70,2	902,1
	Normal	24,4	16,6	11,1	116,7	71,8	934,6
	Desvio	0,4	1,1	1,5	-24,1	-1,6	-32,5
	%	1,7	6,8	13,4	-20,7	-2,2	-3,5
	Teste t*	t=0,56 p=0,59	t=1,84 p=0,11	t=1,75 p=0,12	t=-0,42 p=0,69	t=-0,45 p=0,67	t=-0,37 p=0,73
JFND	2013	28,5	22,5	18,3	912,3	75,8	722,3
	Normal	27,7	21,5	17,4	973,5	80,2	722,9
	Desvio	0,8	1,1	1,0	-61,2	-4,4	-0,6
	%	2,9	5,0	5,6	-6,3	-5,5	-0,1
	Teste t*	t=1,21 p=0,27	t=2,23 p=0,07	t=2,07 p=0,08	t=-0,16 p=0,88	t=-2,15 p=0,06	t=-0,01 p=1,02

* - A força dos testes t realizados variou entre 0,22 e 0,03; valores abaixo do ideal, que é de 0,8. Tais valores baixos de força indicam menor capacidade do teste em detectar diferença significativa entre o conjunto de dados quando esta existir.

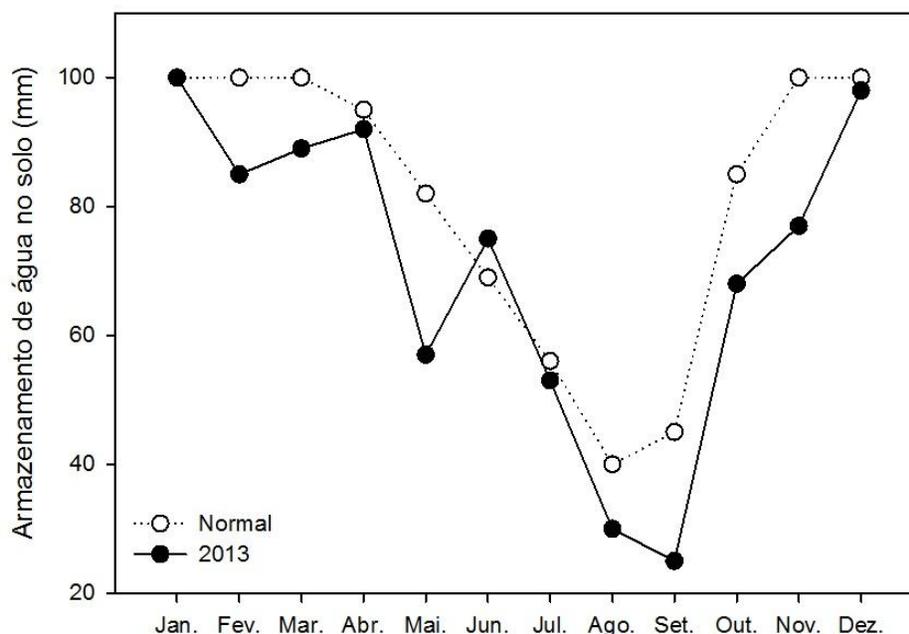


Figura 8 Armazenamento de água na camada de 0-1m de solo para Lavras observado no ano de 2013 em um período de 30 anos (normais climatológicas 1961-1990)

Em relação aos dados ambientais obtidos em cada área (Figura 9), verificou-se que a temperatura máxima anual foi semelhante para as duas áreas de estudo, no entanto, as temperaturas mínima e média foram mais baixas ($p < 0,01$) no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, com média de $14,5^{\circ}\text{C}$ e $19,5^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Na ReBio Unilavras-Boqueirão, obteve-se média de $15,6^{\circ}\text{C}$ para temperatura mínima e $20,5^{\circ}\text{C}$ para a média. Quanto aos valores sazonais, verificou-se que, no período seco e frio do ano, a temperatura mínima apresentou diferença ($p < 0,01$) entre as duas áreas, com média de $11,6^{\circ}\text{C}$ para o PEQRB e de $13,5^{\circ}\text{C}$ para a RBUB (Tabela 1, ANEXO).

Houve diferença dos valores de umidade relativa do ar entre as áreas, sendo que a área de estudo dentro do PEQRB apresentou os maiores valores de UR% mensal, sazonal e anual, o que pode ser devido à maior densidade de

vegetação nessa localidade. O déficit de pressão de vapor (DPV) máximo e médio anual/sazonal foi maior para a RBUB, enquanto que o mínimo foi semelhante para as duas áreas (Tabela 1, ANEXO).

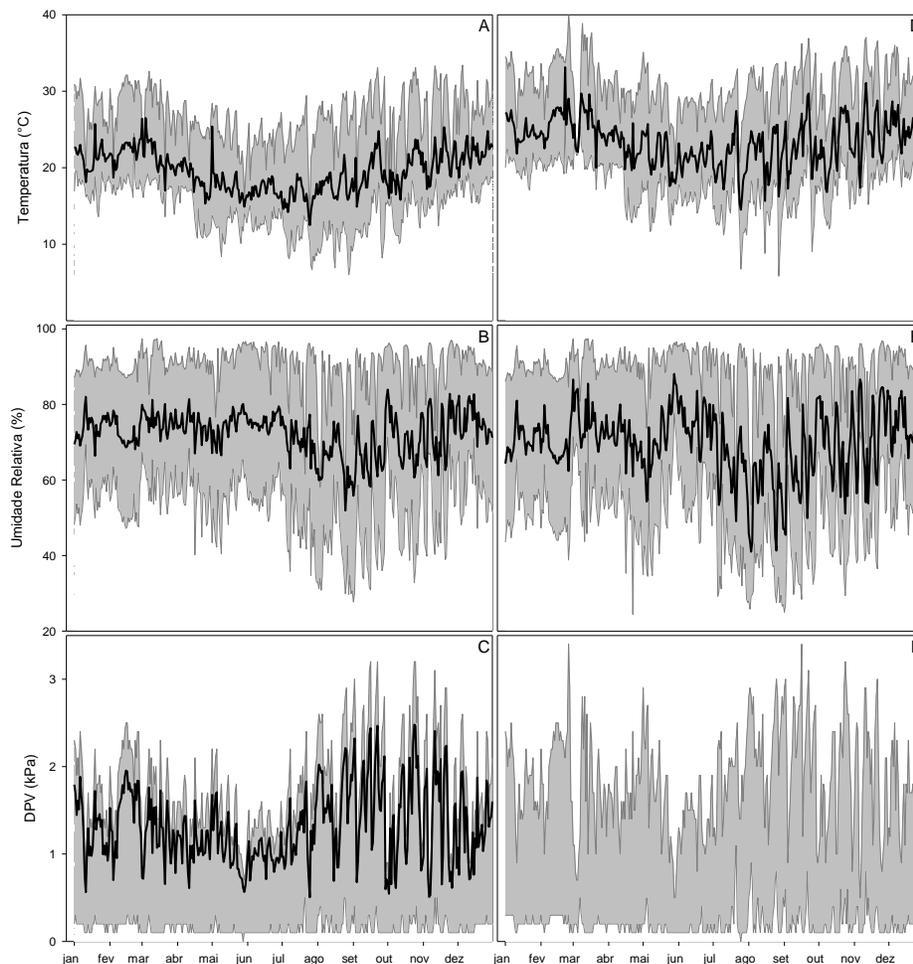


Figura 9 Valores diários de Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), Umidade relativa (%) e Déficit de pressão de vapor (kPa) do ar observados para as áreas de estudo em 2013. A, B e C – PEQRB e D, E e F – RBUB. A área cinza mostra a variação entre valores máximos e mínimos e a linha escura o valor da mediana. Para o DPV, foi considerada a mediana do período entre 08 h e 17 h

Não houve diferença significativa entre os valores de radiação global incidente nas áreas de estudo durante o horário analisado. As maiores taxas ocorreram no final da estação seca e início da chuvosa (Figura 10), o que pode ser atribuído à maior incidência de irradiação solar (menor declinação solar) durante a estação chuvosa.

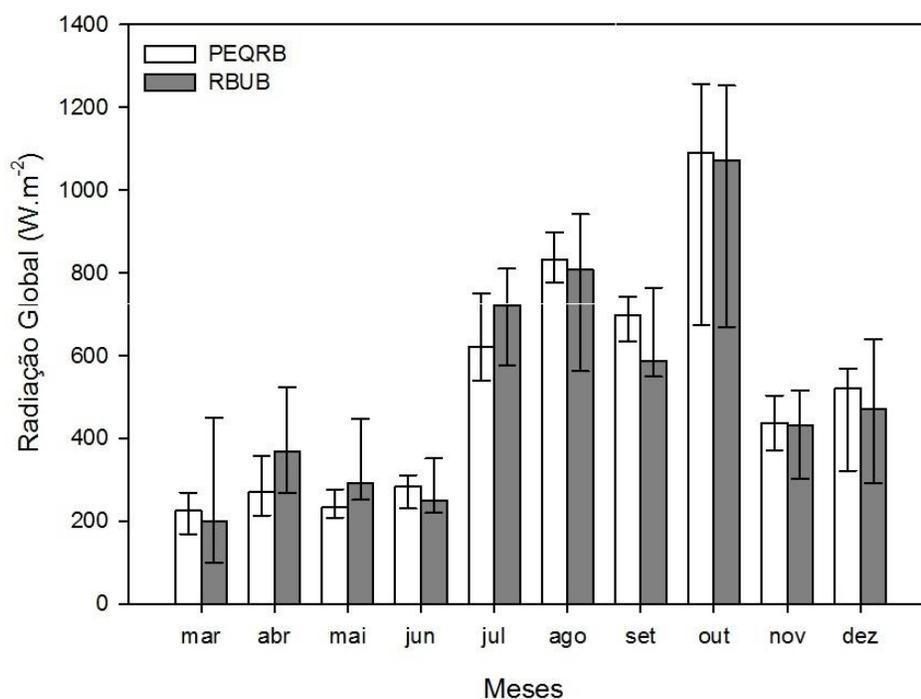


Figura 10 Valores de radiação global incidente nas áreas de estudo de março a dezembro de 2013 no período de 10h e 30min – 12 h. As barras representam a mediana e as barras de erro representam os intervalos entre os 25 e os 75 percentis

Apesar das diferenças entre temperatura, umidade relativa do ar e déficit de pressão de vapor entre as áreas, o armazenamento de água na camada de 0-1,75 m de solo foi bastante similar durante o ano de 2013, com variações de disponibilidade hídrica durante todo o ano. O mês que sofreu com maior déficit

hídrico foi setembro, apresentando média de 132,3 mm de água disponível no PEQRB e de 163,8 mm na RBUB, correspondendo assim a uma redução de $\cong 47\%$ de água no solo nas as duas áreas. No geral, os meses da estação chuvosa tiveram maior quantidade de água disponível no solo e os meses da estação seca, quantidades menores (Figura 11).

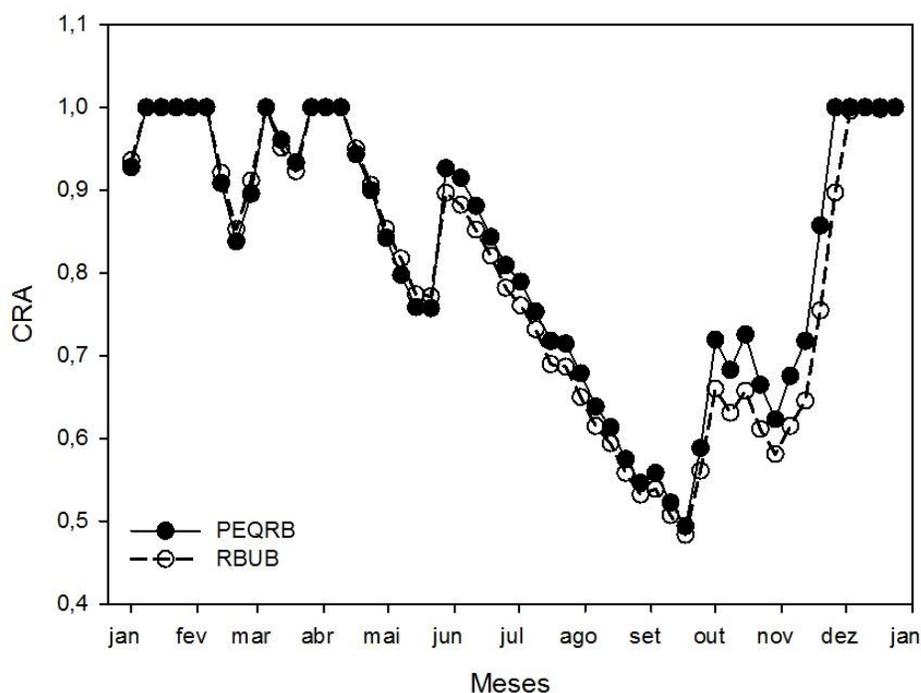


Figura 11 Valores do conteúdo relativo de água na camada de 0-1,75 m de solo observado nas áreas de estudo de janeiro a dezembro de 2013

Em relação à fertilidade do solo, os parâmetros químicos foram semelhantes para as duas áreas de estudo, mostrando que os solos são ácidos e de baixa fertilidade, como já é de se esperar no Cerrado brasileiro. No entanto, o solo da RBUB apresentou maior toxidez de Alumínio (Tabela 3).

Tabela 3 Parâmetros químicos de análise da fertilidade do solo das duas áreas de estudo

	PEQRB	RBUB
pH	4,9	4,7
K (mg.dm ⁻³)	34	24
P (mg.dm ⁻³)	0,84	0,84
Ca (cmol.dm ³)	0,3	0,1
Mg (cmol.dm ⁻³)	0,1	0,1
Al (cmol.dm ⁻³)	0,7	1,1
H+Al (cmol.dm ⁻³)	4,04	4,04
SB (cmol _c .dm ⁻³)	0,49	0,26
CTC (t) (cmol _c .dm ⁻³)	1,19	1,36
V (%)	10,75	6,08
m (%)	58,82	80,88
M.O (dag.Kg ⁻¹)	2,36	2,61

H+Al: Acidez Potencial. SB: Soma de Bases Trocáveis. CTC (t): Capacidade de Troca Catiônica Efetiva. V: Índice de Saturação de Bases. m: Índice de Saturação de Alumínio. M.O: Matéria Orgânica.

4.2 Incremento radial dos indivíduos de porte médio e alto

O incremento radial acumulado no período de abril a dezembro foi de 11,62 mm para os indivíduos do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, enquanto que na Reserva Biológica Unilavras-Boqueirão foi de 5,66 mm. Não se esperava essa diferença, pois os dados do conteúdo relativo de água no solo e a análise de fertilidade foram semelhantes para as duas áreas. Porém, considerando as topografias juntamente com os dados climáticos das áreas (Tabela 1, ANEXO), verifica-se que apesar da RBUB ser mais plana e acumular mais água no solo (Figura 6), a vegetação é mais esparsa e apresenta maiores valores de DPV.

O que deve ser levado em conta é a idade ou classe diamétrica dos indivíduos. Como houve diferenças de diâmetro entre os indivíduos das áreas estudadas (Tabela 1), verificou-se se existe correlação entre incremento radial e DAP para *V. thyrsoidea*, no entanto não foi verificada correlação significativa ($r_{\text{SPEQRB}} = 0,346$; $p = 0,083$ / $r_{\text{RBUB}} = 0,134$; $p = 0,500$). Em estudos realizados em outros biomas, Silva et al. (2003) observaram que árvores da região amazônica de maior classe de diâmetro tendem a crescer mais do que as que possuem classes menores. O mesmo foi observado por Ballione (2009), porém com espécies arbóreas de floresta de restinga.

Os indivíduos de porte médio e alto de *V. thyrsoidea* do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito apresentaram maior incremento radial nos meses de março, abril, julho, agosto, outubro, novembro e dezembro (Figura 12). Enquanto que na Reserva Biológica Unilavras-Boqueirão, o incremento foi maior em abril, agosto e novembro (Figura 13).

Durante os meses de março, abril e dezembro do PEQRB, o conteúdo relativo de água na camada de 0 - 1,75 m de solo foi alto (em torno de 97%). No entanto, a disponibilidade de água foi menor para os meses de julho, agosto, outubro e novembro, variando de 62 a 77% do CRA. Para a área da RBUB, o mês de abril foi marcado por grande disponibilidade hídrica; porém em agosto e novembro o conteúdo relativo de água no solo foi de 60 e 69%, respectivamente.

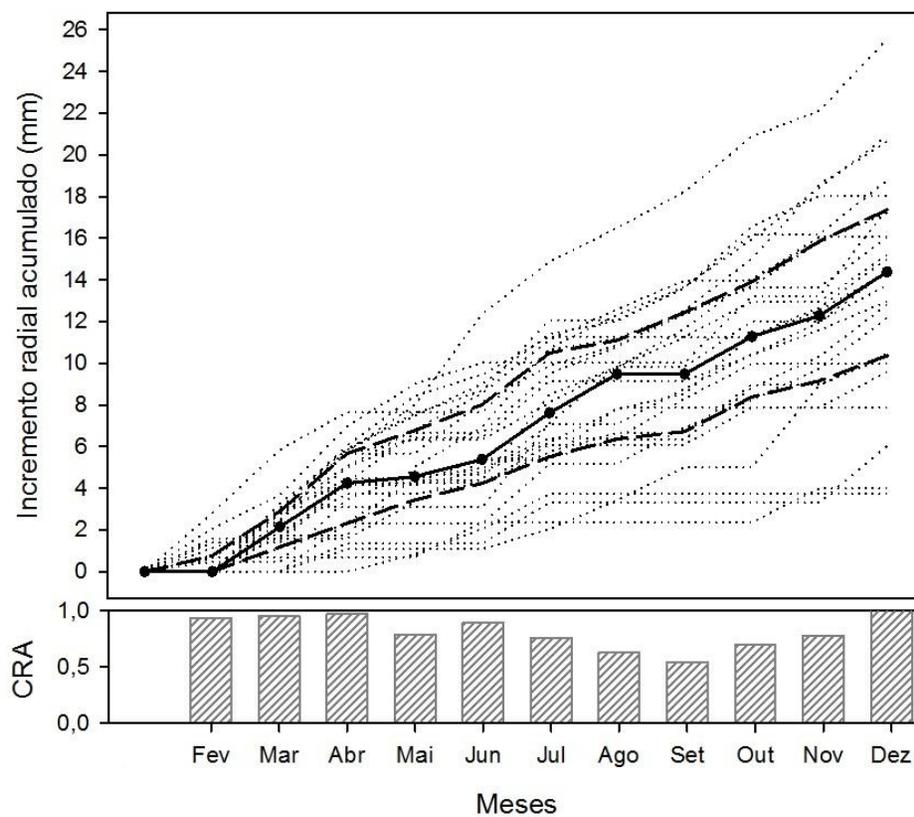


Figura 12 Incremento radial acumulado de *Vochysia thyrsoidea* e conteúdo relativo de água na camada de 0 - 1,75 m de solo no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, no período de fevereiro a dezembro de 2013. Linhas pontilhadas: incremento acumulado individual; Linha tracejada superior: percentil 75; Linha tracejada inferior: percentil 25; Linha preta: mediana

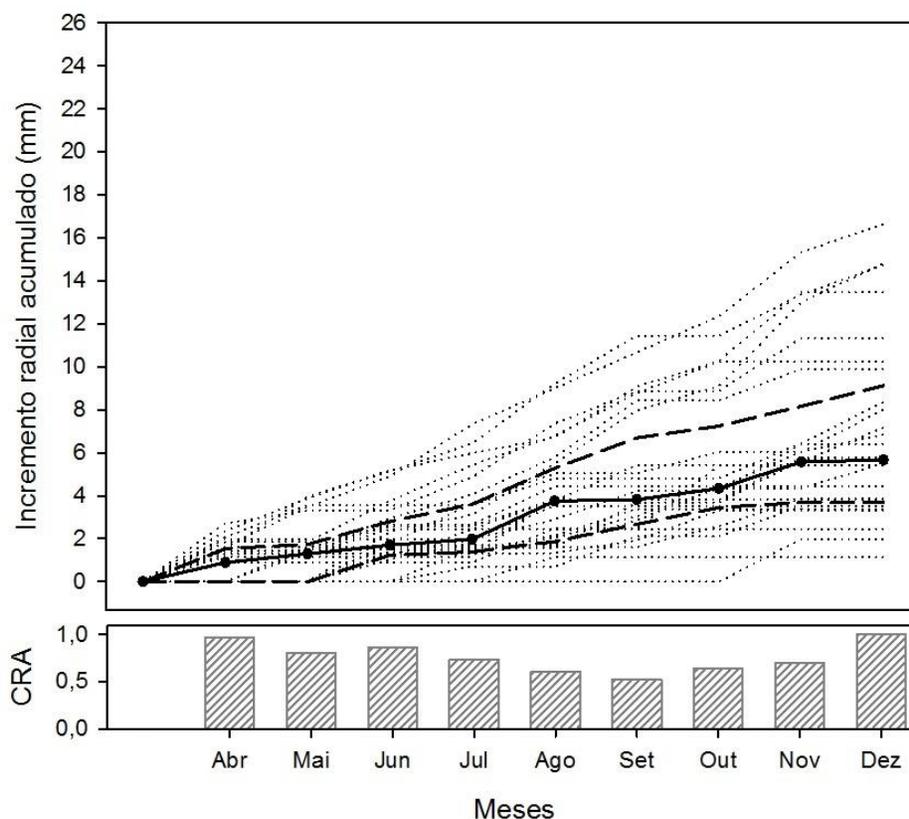


Figura 13 Incremento radial acumulado de *Vochysia thyrsoidea* e conteúdo relativo de água na camada de 0 - 1,75 m de solo na Reserva Biológica Unilavras-Boqueirão, no período de abril a dezembro de 2013. Linhas pontilhadas: incremento acumulado individual; Linha tracejada superior: percentil 75; Linha tracejada inferior: percentil 25; Linha preta: mediana

Em um estudo realizado com *Quercus ilex*, Abrantes (2012) verificou correlação significativa entre precipitação e largura dos anéis de crescimento, o que confirma a forte influência do clima sobre o crescimento de espécies que vivem em locais com variações sazonais, como o clima mediterrâneo. Rossatto (2008) encontrou relação linear significativa entre o incremento radial e a pluviosidade ($R^2 = 0,56$) para espécies de cerrado *stricto sensu*, dentre elas,

Vochysia thyrsoidea, indicando que o crescimento em diâmetro está diretamente relacionado com a ocorrência de chuva. No entanto, não foi encontrada correlação significativa entre o incremento radial e o conteúdo relativo de água no solo para os indivíduos do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito ($r_s = 0,273$; $p = 0,400$) nem da ReBio Unilavras-Boqueirão ($r = -0,224$; $p = 0,562$). Conforme os resultados do presente estudo, constata-se que *Vochysia thyrsoidea* não restringe seu crescimento na estação seca, devido, certamente, ao seu sistema radicular que garante exploração de água armazenada nas camadas mais profundas do solo (HOFFMANN; FRANCO, 2003). De acordo com McDowell et al. (2008), plantas que crescem em ambientes xéricos possuem características adaptativas para suportar os efeitos negativos da baixa disponibilidade hídrica. Sendo assim, espécies adaptadas à seca podem ser menos vulneráveis ao estresse hídrico, em termos de crescimento, do que espécies que habitam locais úmidos (PASHO, 2012).

Em plantações florestais de eucalipto os resultados das pesquisas com a aplicação de dendrômetros têm demonstrado forte influência do manejo e das variáveis climáticas na sazonalidade do crescimento em diâmetro do tronco das árvores (LACLAU et al., 2003; SETTE JUNIOR et al., 2010). Sette Junior et al. (2012) observaram taxa de incremento satisfatória em período de seca para *Eucalyptus grandis*, sendo resultado da presença de raízes que permitem a exploração de água a vários metros de profundidade do solo.

No PEQRB, os meses em que ocorreram menores incrementos foram fevereiro, maio e setembro. Em fevereiro, a disponibilidade de água no solo foi alta, assim como as temperaturas e umidade relativa do ar (Tabela 1, ANEXO), o que não parece ter influenciado no crescimento. Acredita-se que a taxa de incremento foi baixa devido ao ajuste das bandas dendrométricas, pois apenas 36% dos indivíduos, dentre os selecionados da área, cresceram. Por outro lado, as baixas taxas de incremento radial (mediana de 0,01 mm) observadas em

setembro certamente estão associadas a menor disponibilidade de água no solo (Figura 12) e às temperaturas mínimas ocorrentes nessa época do ano (Tabela 1, ANEXO). Como em maio não houve significativa redução de água no solo, possivelmente a diminuição da temperatura, já que este mês marca o início da estação seca e fria, fez com que *V. thyrsoidea* reduzisse em crescimento radial. Outras variáveis também estão envolvidas, como a radiação global incidente, que foi menor neste mês (Figura 10) quando comparada com os outros meses que cresceram bem durante a estação seca.

O mesmo comportamento de *V. thyrsoidea* registrado no PEQRB foi encontrado na RBUB, onde os indivíduos também reduziram o crescimento radial em setembro (mediana de 0,07 mm), mês que também foi marcado por baixo conteúdo relativo de água no solo (52%) (Figura 13) e baixas temperaturas (Tabela 1, ANEXO). Não era de se esperar, mas os indivíduos também investiram menos em incremento radial em dezembro (mediana de 0,09 mm), o que difere da área do PEQRB, onde o crescimento foi alto. Possivelmente, a inibição ocorreu em resposta à outra variável não analisada, visto que não houve diferença significativa entre as características ambientais das duas áreas para este mês.

De acordo com Schwinning e Sala (2004), as respostas adaptativas são comuns em espécies que vivem em regiões propensas à seca e que dependem da oferta de recursos flutuantes, como água. Desta maneira, o crescimento radial observado para as plantas de *V. thyrsoidea* em períodos de baixa disponibilidade hídrica é viabilizado pela presença de raízes profundas que permitem que elas continuem tendo acesso à água nas camadas mais profundas do solo e mantenham o crescimento, mesmo que em taxas menores, indicando assim plasticidade fenotípica dessa espécie em áreas savânicas do Cerrado.

4.3 Taxa de incremento radial e em altura dos indivíduos de porte baixo

Para os indivíduos de porte baixo de *Vochysia thyrsoidea*, verificou-se que em ambas as áreas, eles apresentaram o mesmo comportamento de redução de incremento no período de junho a setembro, e aumento no início da estação chuvosa (outubro) para o PEQRB e em dezembro para a RBUB (Figura 14). Todavia, as plantas da Reserva Biológica Unilavras-Boqueirão possuíram maior média de taxa de incremento durante o período de estudo (0,84 mm) que as do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito (0,44 mm).

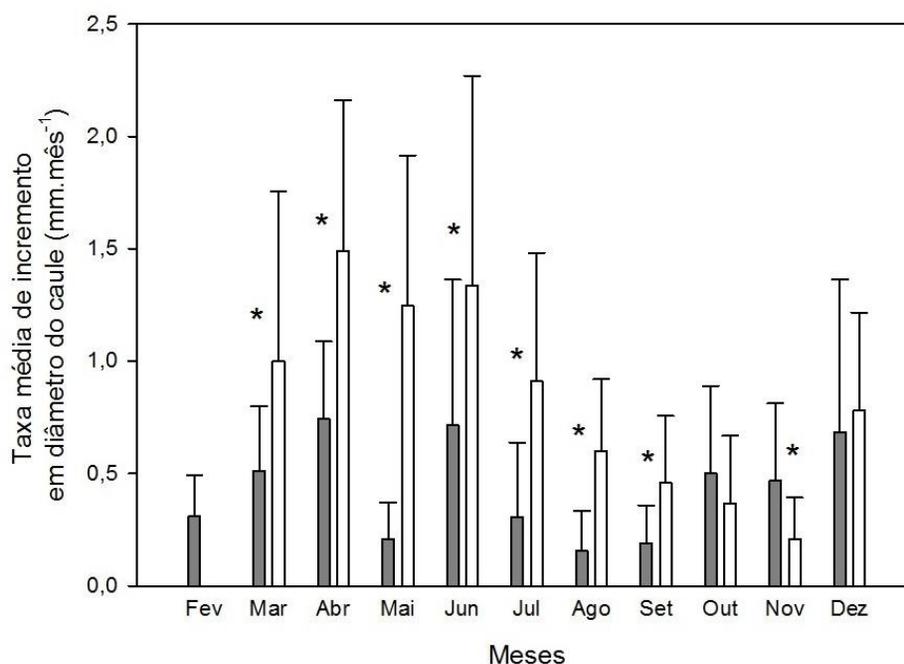


Figura 14 Taxa média de incremento em diâmetro (mm.mês⁻¹) para a espécie *Vochysia thyrsoidea*. Barra cinza - Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito. Barra branca - Reserva Biológica Unilavras-Boqueirão. As barras de erro representam o desvio padrão (n = 20) e os asteriscos diferença significativa entre as áreas (p<0,05) pelo teste de Mann-Whitney

A correlação entre incremento em diâmetro e conteúdo relativo de água foi significativa para as duas áreas. No entanto, a correlação com déficit de pressão de vapor foi significativa apenas para a RBUB e não houve correlação significativa com a variação de temperatura (Tabela 4).

Tabela 4 Correlação entre o incremento em diâmetro de indivíduos de porte baixo *Vochysia thyrsoidea* e conteúdo relativo de água no solo (CRA), déficit de pressão de vapor (DPV) e temperatura (T °C)

Área		Variáveis		
		CRA	DPV	T °C
PEQRB	DC	r = 0,8	r = -0,5	r = 0,4
	p-valor	0,00367*	0,0966	0,198
RBUB	DC	r = 0,6	r = -0,6	r = -0,008
	p-valor	0,028*	0,04*	0,984

*Significativo a 5% de probabilidade. r - Corelação de Pearson.

Para a taxa de incremento em altura desses indivíduos, foram observadas taxas médias de incremento de $10,2 \cdot 10^{-3}$ m na área do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, no período de fevereiro a dezembro de 2013, e de $13,5 \cdot 10^{-3}$ m na Reserva Biológica Unilavras-Boqueirão, entre março e dezembro de 2013. Apesar dos valores serem próximos, verifica-se que as plantas da RBUB cresceram mais em um tempo menor. Ao se comparar as duas áreas de estudo, é possível observar uma diferença significativa de incremento nos meses de março, maio e junho, com maiores taxas para a RBUB (Figura 15).

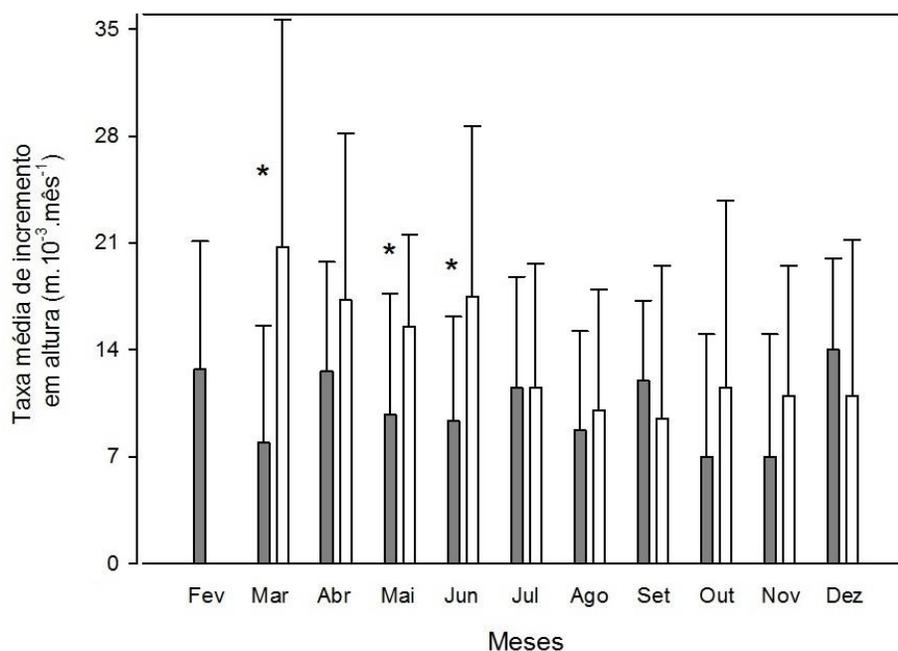


Figura 15 Taxa média de incremento em altura ($m \cdot 10^{-3} \cdot \text{mês}^{-1}$) para a espécie *Vochysia thyrsoidea*. Barra cinza - Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito. Barra branca - Reserva Biológica Unilavras-Boqueirão. As barras de erro representam o desvio padrão ($n = 20$) e os asteriscos diferença significativa ($p < 0,05$) pelo teste de Mann-Whitney

Como foi visto, durante o ano de 2013 as temperaturas mínimas registradas no PEQRB foram menores e significativamente diferentes ($p < 0,01$) das registradas na RBUB (Tabela 1, ANEXO). Sendo assim, essa menor taxa de incremento no PEQRB pode estar associada a essa característica ambiental, visto que temperaturas baixas também afetam as respostas de crescimento, pois podem causar embolia no xilema e reduzir a fotossíntese (AUSSENAC, 2002).

O maior incremento dos indivíduos da RBUB também pode estar associado ao maior teor de alumínio no solo nesta área, visto que *V. thyrsoidea* é acumuladora desse elemento (FELFILI; SILVA-JUNIOR, 1992; MACHADO, 1985). Não existe nenhuma evidência convincente de que o alumínio seja um

elemento mineral essencial às plantas, nem mesmo para as espécies acumuladoras (KERBAUY, 2004). Entretanto algumas plantas parecem incapazes de sobreviver na ausência de alumínio no meio do crescimento, indicando a possibilidade de existência de alguma função que ainda não foi elucidada (WATANABE; OSAKI, 2002), o que parece ser o caso de *Vochysia thyrsoidea* (HARIDASAN, 2008).

Para a ReBio Unilavras-Boqueirão, as maiores taxas de incremento em altura ocorreram de março a junho, época que o conteúdo relativo de água no solo estava acima de 78%. Em julho, a taxa de incremento diminuiu e só voltou a aumentar no início da estação chuvosa, permanecendo constante até dezembro (Figura 15). Assim, observa-se uma diminuição do crescimento em altura nos meses da estação seca.

Na RBUB, o incremento em altura correlacionou significativamente com o conteúdo relativo de água no solo, déficit de pressão de vapor, com o diâmetro do caule e não correlacionou com a temperatura. Já para o PEQRB, a altura não correlacionou com nenhuma dessas variáveis (Tabela 5).

Tabela 5 Correlação entre o incremento em altura de indivíduos de porte baixo *Vochysia thyrsoidea* e conteúdo relativo de água no solo (CRA), déficit de pressão de vapor (DPV), temperatura (T °C) e diâmetro do caule (DC)

Área		Variáveis			
		CRA	DPV	T°C	DC
PEQRB	Altura	r = 0,2	r = -0,1	r = 0,1	r = 0,1
	p-valor	0,457	0,759	0,662	0,619
RBUB	Altura	r = 0,6	r = -0,7	r = 0,4	r = 0,7
	p-valor	0,02*	0,01*	0,288	0,01*

*Significativo a 5% de probabilidade. r - Correlação de Pearson.

A razão de crescimento diâmetro:altura de *Vochysia thyrsoidea* na RBUB mostra que os indivíduos investiram em altura e diâmetro no mesmo período (Figura 16). Provavelmente, no período da seca, onde se investiu menos em altura e diâmetro, essas plantas devem ter alocado recursos para outras partes da planta, como as raízes, visto que a maior alocação de biomassa para as raízes promove o acúmulo de reservas necessário para regeneração dos indivíduos após eventos de fogo (HOFFMANN; ORTHEN; FRANCO, 2004). Além disso, facilitam o acesso à água das camadas mais profundas do solo (HOFFMANN; FRANCO, 2003; RONQUIM; PRADO; SOUZA, 2009).

Para as plantas do PEQRB também foi observado o mesmo comportamento de redução diamétrica na estação seca (Figura 16). Entretanto, observa-se que o crescimento em altura variou durante todo o período analisado, e também apresentou valores altos no período seco. O crescimento em altura de espécies savânicas é fundamental para a diminuição dos danos causados por eventos de fogo (ROSSATTO; HOFFMANN; FRANCO, 2009). Possivelmente essas plantas, que são mais baixas do que as amostradas na RBUB, investiram mais em altura na estação seca pelo fato de garantir a sobrevivência frente ao fogo que ocorre eventualmente na área.

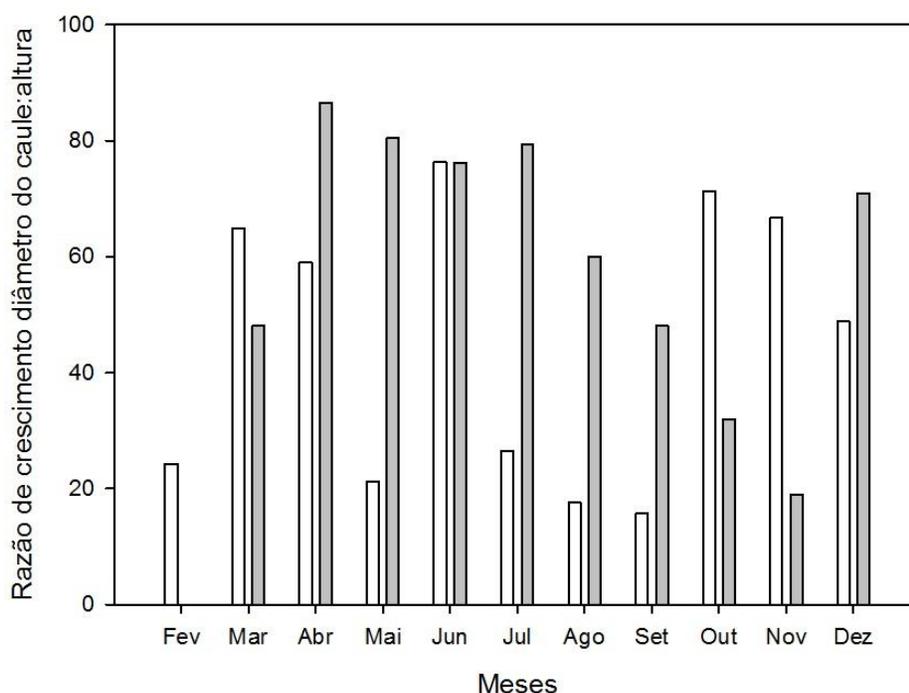


Figura 16 Razão de crescimento entre o diâmetro do caule e a altura de *Vochysia thyrsoidea*. Barra branca - Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito. Barra cinza - Reserva Biológica Unilavras-Boqueirão

4.4 Crescimento dos ramos e produção de folhas novas

A expansão dos ramos dos indivíduos de médio e alto porte foi expressiva no final da estação seca, entre julho a setembro de 2013. O crescimento apresenta o mesmo padrão para as duas áreas de estudo. Os maiores incrementos foram em julho, agosto e setembro. No PEQRB, o Índice de Atividade mostrou que 27,2% dos indivíduos expandiram seus entrenós em julho, 54,5% em agosto e 45,4% em setembro. Na ReBio Unilavras-Boqueirão, 47,3% dos indivíduos investiram no comprimento dos entrenós no mês de julho, 73,6% no mês de agosto e 63,1% em setembro (Figura 17). A produção de

folhas novas seguiu o mesmo padrão da expansão de ramos, com maior produção em julho, agosto e setembro (Figura 18).

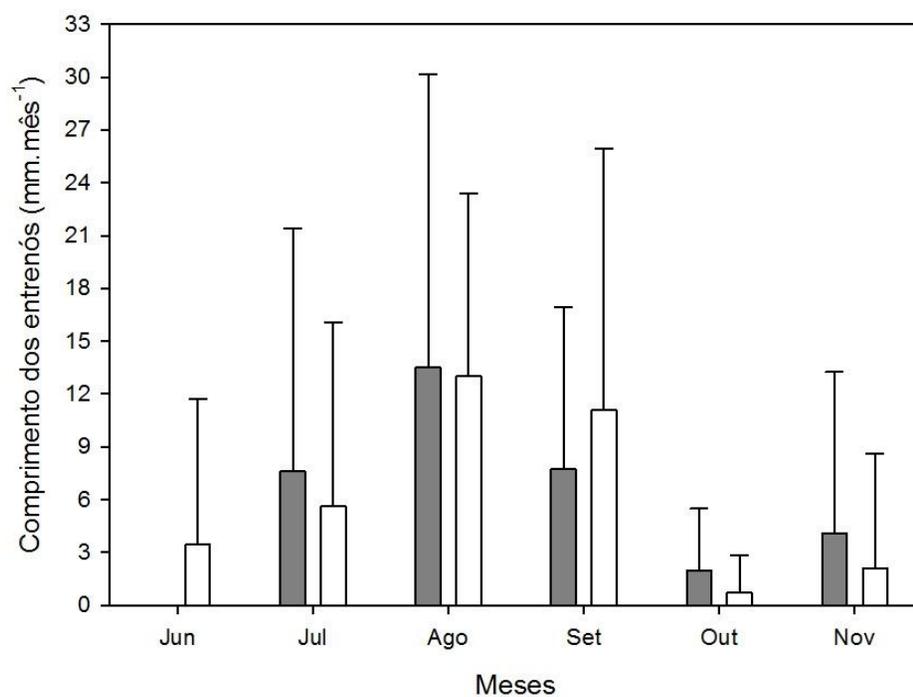


Figura 17 Comprimento dos entrenós (mm.mês⁻¹) de *Vochysia thyrsoidea*. Barra cinza: Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito (n = 11); Barra branca: Reserva Biológica Unilavras-Boqueirão (n = 19). As barras de erro representam o desvio padrão

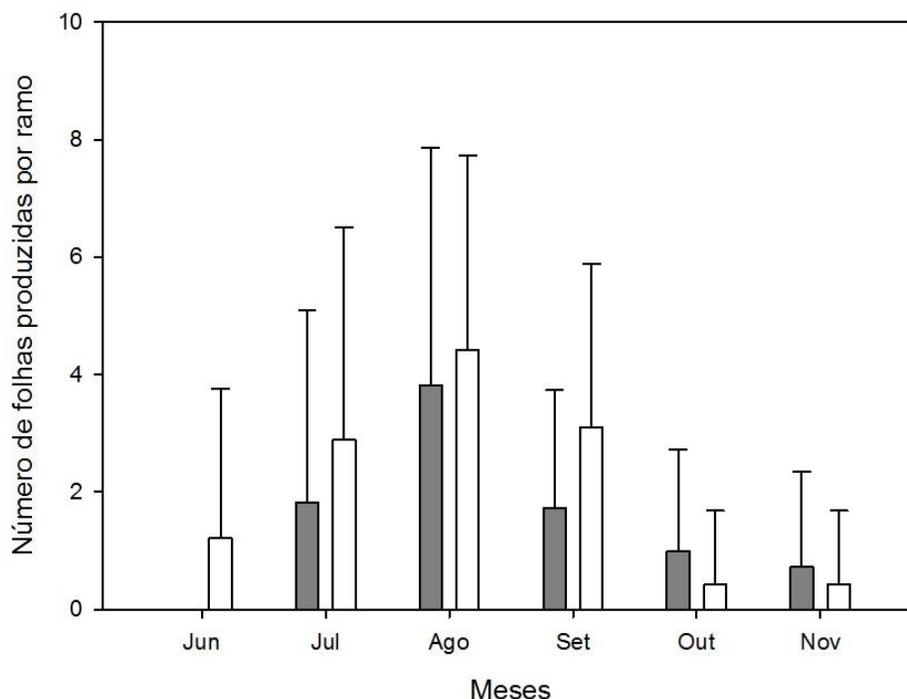


Figura 18 Número de folhas novas produzidas por ramo de *Vochysia thyrsoidea*. Barra cinza: Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito (n = 11); Barra branca: Reserva Biológica Unilavras-Boqueirão (n = 19). As barras de erro representam o desvio padrão.

De acordo com os resultados, observa-se que nos meses de julho e agosto, os indivíduos do PEQRB investiram em crescimento radial, expansão de ramos e produção de folhas novas. Entretanto, em setembro, *V. thyrsoidea* alocou mais carbono para o desenvolvimento da parte aérea. Na RBUB, os indivíduos investiram em crescimento radial juntamente com o desenvolvimento da parte aérea somente em agosto. Em julho e setembro, a alocação de recursos foi mais para a parte aérea, indicando um *trade-off* entre o incremento radial e o desenvolvimento de ramos e produção de folhas novas. Nuche et al. (2014) também verificaram *trade-off* entre o comprimento da parte aérea e produção de biomassa para *Quercus faginea* quando a água é escassa em clima mediterrâneo.

Os padrões observados no presente estudo foram semelhantes ao encontrado por Rossatto (2008), para um estudo com espécies de Cerrado, dentre elas, *V. thyrsoidea*. Ele observou que a perda de folhas ocorre no período ocorrente entre o meio e o final da estação seca e logo em seguida, no final da estação seca, começam a produzir novos ramos com folhas novas. A produção de folhas novas durante os meses secos contribui para maximizar a absorção de carbono após o período de seca, quando as primeiras chuvas se iniciam (FRANCO et al., 2005).

Lenza e Klink (2006) também encontraram resultados semelhantes para um estudo de comunidade de 19 espécies de cerrado *stricto sensu*. Já Prior, Bowman e Eamus (2004), estudando espécies de savana da Austrália, verificaram que o brotamento está concentrado nos primeiros meses da estação chuvosa. Rivera et al. (2002) sugeriu que a produção de folhas novas parece estar mais relacionada com o aumento do fotoperíodo na transição da estação seca para a chuvosa do que a presença de chuva.

Alguns trabalhos têm mostrado correlação positiva entre a expansão do ramo e a pluviosidade (DAMASCOS; PRADO; RONQUIM, 2005; PALACIO; MILLA; MONTSERRAT-MARTÍ, 2005). No entanto, neste estudo foi encontrada correlação negativa com o conteúdo relativo de água no solo e correlação positiva com o DPV (Tabela 6). Essa correlação entre crescimento de entrenós com disponibilidade hídrica parece não ser relevante para *Vochysia thyrsoidea*, visto que é uma espécie savânica que apresenta rápido desenvolvimento do sistema radicular nos primeiros meses após a germinação, garantindo assim a exploração de água armazenada nas camadas mais profundas do solo durante as épocas de secas sazonais e de chuvas abaixo da média esperada (HOFFMANN; FRANCO, 2003; OLIVEIRA et al., 2005).

Tabela 6 Correlação entre o crescimento de entrenós (CE) de *Vochysia thyrsoidea* e conteúdo relativo de água no solo (CRA) e déficit de pressão de vapor (DPV)

Área		Variáveis	
		CRA	DPV
PEQRB	CE	rs = -0,8	rs = 0,6
	p-valor	0,0000002*	0,035*
RBUB	CE	rs = -0,8	rs = 0,5
	p-valor	0,0008*	0,08

*Significativo a 5% de probabilidade. rs - Correlação de Spearman.

4.5 Fenologia reprodutiva

A floração foi visualizada em janeiro de 2013, no meio da estação chuvosa, em ambas as áreas de estudo. O Índice de Atividade mostrou que 43,3% dos indivíduos floresceram no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito e apenas 13,3% na Reserva Biológica Unilavras-Boqueirão. De acordo com a literatura, *Vochysia thyrsoidea* floresce na época chuvosa, entre os meses de novembro a dezembro (LORENZI, 1998), e a precipitação, umidade relativa do ar, temperatura e presença de polinizadores são alguns dos fatores que poderiam atuar como gatilho para a iniciação da floração (MORELLATO et al., 1989).

Os frutos maduros foram observados na estação seca (agosto e setembro). Cerca de 43,3% das árvores do PEQRB manifestaram a fenofase nestes meses. Na RBUB, apenas 13,3% dos indivíduos analisados frutificaram. Em relação ao Índice de Fournier, observou-se que, para o PEQRB, a frutificação foi mais intensa no mês de setembro. Já na RBUB, não houve diferença de intensidade entre esses meses. Assim, para espécies anemocóricas, como é o caso de *V. thyrsoidea*, a maturação de frutos em épocas de menor temperatura pode estar ligada à dispersão pelo vento (ATHAYDE et al., 2009).

Observa-se na tabela 7 que apesar da mesma porcentagem (43,3%) de indivíduos de o PEQRB ter frutificado em agosto e setembro, a intensidade não

foi igual entre os meses, confirmando o que Heideman (1989) constatou sobre o uso dos índices, no qual a proporção de indivíduos (Índice de Atividade) em floração ou frutificação nem sempre é um bom preditor do volume de flores ou frutos produzidos, o que ressalta a importância de se conjugar com o Índice de Fournier, sobretudo para obter informações sobre a disponibilidade quantitativa e temporal das estruturas reprodutivas.

Tabela 7 Índice de Atividade (IA) e de Fournier (IF) para floração e frutificação de *Vochysia thyrsoidea*

Área	Fenofase	Mês	IA(%)	IF (%)
PEQRB	Floração	Janeiro	43,3	-
	Frutificação	Agosto	43,3	15,0
		Setembro	43,3	17,5
RBUB	Floração	Janeiro	13,3	-
	Frutificação	Agosto	13,3	3,3
		Setembro	13,3	3,3

4.6 Comportamento sazonal das trocas gasosas

As análises fisiológicas de trocas gasosas realizadas nos indivíduos de porte baixo não diferiram estatisticamente entre as duas áreas. As taxas médias de fotossíntese líquida (A) variaram de 5,9 a 11,9 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (Figura 19, A). Estes valores são similares com a literatura já existente para espécies de Cerrado (CHAGAS JUNIOR, 2013; FRANCO et al., 2005; PRADO et al., 2004; ROSSATTO, 2008). Sabe-se que as altas taxas de incidência luminosa ligadas a uma baixa disponibilidade hídrica durante a estação seca trazem fortes limitações para as plantas (FRANCO; LÜTTGE, 2002). Assim, nos meses com menor disponibilidade hídrica (junho, julho, agosto e setembro), houve

diminuição da fotossíntese líquida (Figura 19, A). A menor taxa média ($3,9 \pm 1,39$) foi registrada em setembro, mês que foi marcado por menor conteúdo relativo de água no solo (Figura 11) e também por maior déficit de pressão de vapor (Tabela 1, ANEXO).

A fotossíntese líquida não correlacionou significativamente com o crescimento em diâmetro dos indivíduos de baixo porte ($r = 0,2$; $p = 0,509$; $r = 0,3$; $p = 0,337$). Contudo, para o crescimento em altura foi obtido um coeficiente de correlação significativo na RBUB ($r_s = 0,7$; $p = 0,01$) e não significativo no PEQRB ($r = 0,6$; $p = 0,101$).

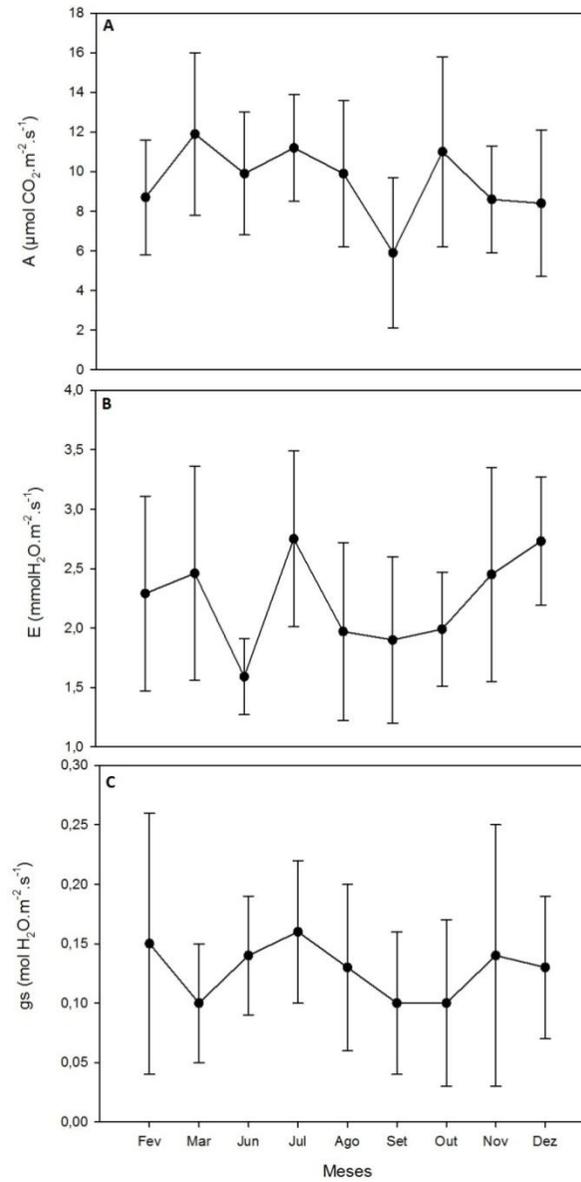


Figura 19 Comportamento sazonal de trocas gasosas em *Vochysia thyrsoidea*. A - Fotossíntese líquida; B - Transpiração; C - Condutância estomática. Os círculos representam a média e as barras representam o desvio padrão (n=15)

As taxas de condutância estomática (gs) e de transpiração (E) não diferiram estatisticamente entre as estações chuvosa e seca. No entanto, observa-se uma diminuição da transpiração no período seco, com exceção do mês de julho (Figura 19, B), e também redução das taxas de gs entre julho e outubro (meses com menor CRA) (Figura 19, C). Foi possível verificar uma relação exponencial ($R^2 = 0,85$) entre a condutância estomática e o conteúdo relativo de água no solo (Figura 20).

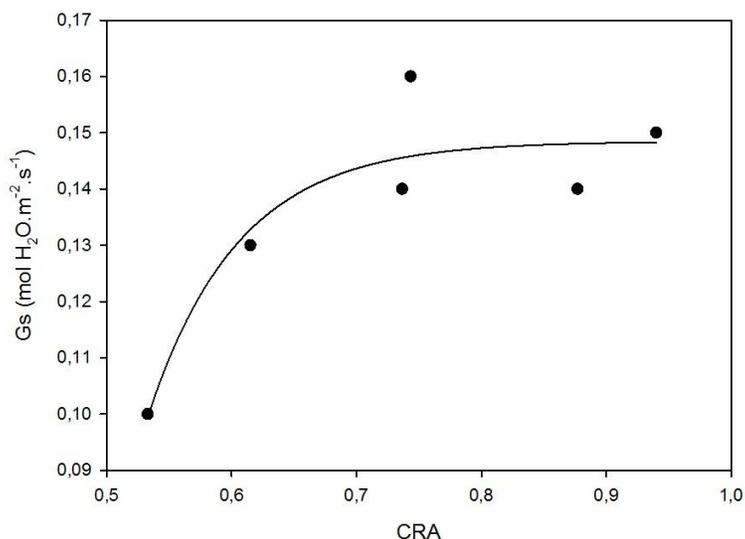


Figura 20 Relação entre condutância estomática de *Vochysia thyrsoidea* e conteúdo relativo de água no solo.

$$y = -78,57 + 78,71 (1 - e^{-13,85x}); R^2 = 0,85.$$

Em relação à EUA, os valores médios foram similares entre a estação seca e chuvosa. Apenas setembro apresentou grande diminuição da eficiência do uso da água ($1,60 \pm 0,96$) (Figura 21).

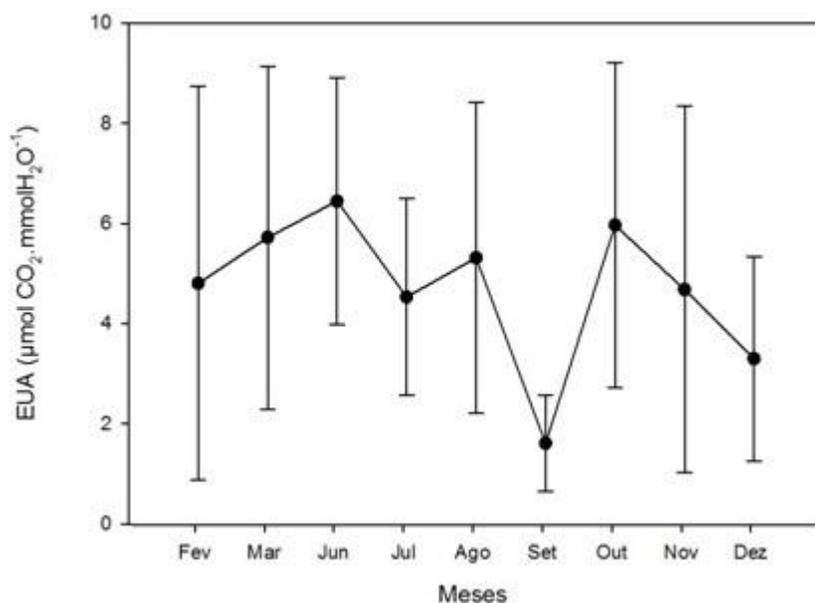


Figura 21 Eficiência do uso da água de *Vochysia thyrsoidea*. Os círculos representam a média e as barras representam o desvio padrão (n=15)

Isso indica que as plantas dessa espécie apresentam estratégias de resistência capazes de permitir sua sobrevivência e crescimento em períodos de pouca disponibilidade hídrica. Prior, Bowman e Eamus (2004) observaram, para espécies lenhosas do Cerrado, que a condutância estomática também reduziu na estação seca, visto que o déficit de pressão de vapor nessa época é maior que na estação chuvosa. Além disso, verificaram que a comunidade manteve a eficiência do uso da água.

Neste estudo, foi possível concluir que durante a maioria dos meses da estação seca, as folhas de *V. thyrsoidea* ajustaram a transpiração em função da limitação hídrica. No entanto, quando houve grande redução do conteúdo relativo de água no solo em setembro, de aproximadamente 0,5%, a espécie não apresentou boa eficiência do uso da água.

5 CONCLUSÕES

Conforme os resultados obtidos, verifica-se que as taxas de fotossíntese líquida e de crescimento radial apresentaram uma diminuição nos meses da estação seca, porém, neste mesmo período houve maior alocação de carbono para o crescimento de ramos e a produção de folhas novas, indicando assim a existência de um *trade-off* estratégico para o estabelecimento de *Vochysia thyrsoidea* em ambientes com recursos limitantes.

Os padrões de trocas gasosas e alocação de biomassa para o crescimento e fenologia observados nos indivíduos de *V. thyrsoidea*, em ambiente natural, demonstram a grande habilidade desta espécie de adaptar sua fisiologia e morfologia às variações ambientais. O fato de ser uma espécie sempre-verde e possuir rápido crescimento sob alta irradiância e baixa disponibilidade hídrica confirma a sua utilização como modelo para estudos ecofisiológicos que visem verificar condições adversas de ambiente em espécies lenhosas do Cerrado.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, J. M. F. **Climatic information in tree-ring width and vessel features of *Quercus ilex* L.** 2012. 43 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de Coimbra, Coimbra, 2012.
- ALEXANRE JÚNIOR, W. R.; SOARES JÚNIOR, F. S. Ecologia das populações de *Roupala Montana* Aubl. em um trecho de Cerrado stricto sensu na Reserva Biológica do Boqueirão, Ingaí, MG. **Revista Pesquisa Botânica**, Porto Alegre, n. 60, p. 300-314, set. 2009.
- ALMEIDA, S. P. de et al. **Cerrado: espécies vegetais uteis.** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. 464 p.
- ATHAYDE, E. A. et al. Fenologia de espécies arbóreas em uma floresta ribeirinha em Santa Maria, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 43-51, 2009.
- AUKEMA, J. E. Distribution and dispersal of desert mistletoe is scale-dependent, hierarchically nested. **Ecography**, Copenhagen, v. 27, n. 2, p. 137-144, Mar. 2004.
- AUSSENAC, G. Ecology and ecophysiology of circum-Mediterranean firs in the context of climatechange. **Annals of Forest Science**, Les Ulis, v. 59, n. 8, p. 823-832, Dec. 2002.
- BALLIONE, F. F. **Variação sazonal no incremento diamétrico de indivíduos arbóreos em uma floresta de restinga do Parque Estadual da Serra do Mar, SP, núcleo Picinguaba.** 2009. 28 p. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, 2009.
- BATALHA, M. A.; MANTOVANI, W. Reproductive phenological patterns of cerrado plant species at the Pé-de-Gigante Reserve (Santa Rita do Passa Quatro, Sp, Brazil): a comparison between the herbaceous and woody floras. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 60, n. 1, p. 129-145, fev. 2000.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas.** Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42 p.
- BOWER, D. R.; BLOCKER, W. W. Accuracy of bands and tape for measuring diameter increments. **Journal of Forestry**, Washington, v. 64, p. 21-22, 1966.

BUSTAMANTE, M. M. C. et al. Potential impacts of climate change on biogeochemical functioning of Cerrado ecosystems. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 72, n. 3, p. 655-671, Aug. 2012.

CAMERON, R. J.; LEA, R. Band dendrometers or diameter tapes? **Journal of Forestry**, Washington, v. 78, p. 277-278, 1980.

CARVALHO, F. A.; FELFILI, J. M. Aplicação da diversidade alfa e beta de para definição de áreas prioritárias de para conservação: uma análise das florestas decíduais sobre afloramentos calcários nenhuma vale do Paranã. **Biosciense Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 5, p. 830-838, 2011.

CHAGAS JÚNIOR, J. M. **Influência do parasitismo de *Psittacanthus robustus* (Mart) Mart. nos padrões populacionais e respostas ecofisiológicas de *Vochysia thursoidea* Pohl**. 2013. 51 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

CURI, N. et al. Geomorfologia, física, química e mineralogia dos principais solos da região de Lavras, MG. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 14, n. 3, p. 297-307, set./dez. 1990.

DALANESI, P. E.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; FONTES, M. A. L. Flora e estrutura do componente arbóreo da floresta do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG e correlações entre a distribuição das espécies e variáveis ambientais. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 18, n. 4, p. 737-757, dez. 2004.

DAMASCOS, M. A.; PRADO, C. H. B. A.; RONQUIM, C. C. Bud composition, branching patterns and leaf phenology in Cerrado woody species. **Annals of Botany**, London, v. 96, n. 6, p. 1075-1108, Sept. 2005.

FELFILI, J. M.; SILVA JUNIOR, M. C. Floristics composition, phytosociology and comparison of cerrado and gallery forest at Fazenda Água Limpa. In: FURLEY, P. A.; PROCTOR, J.; RATTER, J. A. (Ed.). **Nature and dynamics of forest/savanas boundaries**. London: Chapman & Hall, 1992. p. 349-415.

FERREIRA-FEDELE, L. et al. Periodicidade do crescimento de *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (guarantã) em duas áreas da região Sudeste do Estado de São Paulo. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 65, n. 65, p. 141-149, 2004.

- FIGUEIREDO FILHO, A. et al. Avaliação estacional da deposição de serapilheira em uma floresta ombrófila mista localizada no sul do Estado do Paraná. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 11-18, jun. 2003.
- FOURNIER, L. A. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. **Turrialba**, San José, v. 24, p. 422-423, 1974.
- FRANCO, A. C. et al. Leaf functional traits of Neotropical savanna trees in relation to seasonal water deficit. **Trees**, Berlin, v. 19, n. 3, p. 326-335, Jan. 2005.
- FRANCO, A. C.; LUTTGE, U. Midday depression in savanna trees: coordinated adjustments in photochemical, efficiency, photorespiration, CO₂ assimilation and water use efficiency. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 131, n. 1, p. 356-365, mar. 2002.
- GIORGI, F.; LIONELLO, P. Climate change projections for the Mediterranean region. **Global and Planetary Change**, New York, v. 63, n. 2, p. 90-104, Sept. 2008.
- GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. **Princípios de estatística em ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2011. 683 p.
- GREEN, J. W. Continuous measurements of radial variation in *Eucalyptus paniciflora* Sieb. Ex. Spreng. **Australian Journal of Botany**, Melbourne, v. 17, p. 191-198, Feb. 1969.
- HALL, R. C. A vernier tree-growth band. **Journal of Forestry**, Washington, v. 42, p. 742-743, 1944.
- HARIDASAN, M. Nutritional adaptations of native plants of the cerrado biome in acid soils. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v. 20, n. 3, p. 183-195, 2008.
- HEIDEMAN, P. D. Temporal and spatial variation in the phenology of flowering and fruiting in a tropical rainforest. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 77, p. 1059-1079, 1989.
- HOFFMANN, W. A. Direct and indirect effects of fire on radial growth of cerrado savanna trees. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 18, n. 1, p. 137-142, Jan. 2002.

HOFFMANN, W. A. et al. Ecological thresholds at the savanna-forest boundary: how plant traits, resources and fire govern the distribution of tropical biomes. **Ecology Letters**, Oxford, v. 15, n. 7, p. 759-768, July 2012.

HOFFMANN, W. A.; FRANCO, A. C. Comparative growth analysis of tropical Forest and savanna woody plants using phylogenetically independent contrasts. **Journal of Ecology**, Durham, v. 91, n. 3, p. 475-484, June 2003.

HOFFMANN, W. A.; ORTHEN, B.; FRANCO, A. C. Constraints to seedling success of savanna and forest trees across the savanna-forest boundary. **Oecologia**, Berlin, v. 140, n. 2, p. 252-260, July 2004.

HOWELL, B. E.; MATHIASSEN, R. L. Growth impacts of *Psittacanthus angustifolius* Kuijt on *Pinus oocarpa* Schiede in Honduras. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 198, n. 2, p. 75-88, Aug. 2004.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Estações e dados**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 20 jan. 2014.

JONES, H. G. **Plants and microclimate**: a quantitative approach to environmental plant physiology. Cambridge: Cambridge University, 1992. 428 p.

KEELAND, B. D.; YOUNG, P. J. **Construction and installation of dendrometer bands for periodic tree-growth measurements**. Disponível em: <<http://www.nwrc.usgs.gov/dendrometer/index.html>>. Acesso em: 20 mar. 2012.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 472 p.

KING, G. M. et al. Tree growth response along an elevational gradient: climate or genetics? **Oecologia**, Berlin, v. 173, n. 1, p. 1587-1600, May 2013.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 147-155, jul. 2005.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Econômica, 1948. 479 p.

LACLAU, J. P. et al. Nutrient cycling in a clonal stand of *Eucalyptus* and an adjacent savanna ecosystem in Congo: chemical composition of rainfall, throughfall and stemflow solutions. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 176, n. 1/3, p. 105-119, mar. 2003.

LENZA, E.; KLINK, C. A. Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito de Brasília, DF. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 627-638, 2006.

LOBÃO, M. S. **Dendrocronologia, fenologia, atividade cambial e qualidade do lenho de árvores de Cedrela odorata L., Cedrela fissilis Vell. e Schizolobium parahyba var. amazonicum Hub. ex Ducke, no estado do Acre, Brasil**. 2011. 215 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2011.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 2. ed. São Paulo: Plantarum, 1998. v. 2, 351 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivos de plantas arbóreas do Brasil**. 2. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2002. 384 p.

MACHADO, E. L. M. et al. Flutuações temporais nos padrões de distribuição diamétrica da comunidade arbóreo-arbustivo e de 15 populações em um fragmento florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 4, p. 723-732, jul./ago. 2010.

MACHADO, J. W. B. **Acumulação de alumínio em *Vochysia thyrsoidea* Pohl**. 1985. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 1985.

MARIA, V. R. B. **Estudo da periodicidade do crescimento, fenologia e relação com atividade cambial de espécies arbóreas tropicais de florestas estacionais semidecíduas**. 2002. 126 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2002.

MARIEN, J. N.; THIBOUT, H. Les *Eucalyptus* en France: rythmes de croissance en fonction des conditions climatiques. **Annales de Recherches Sylvicoles**, Paris, p. 273-299, 1980.

MATOS, P. F.; PESSÔA, V. L. S. O agronegócio no cerrado do sudeste goiano: uma leitura sobre Campo Alegre de Goiás, Catalão e Ipameri. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, ano 24, n. 1, p. 37-50, 2012.

MCDOWELL, N. et al. Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb to drought? **New Phytologist**, Cambridge, v. 178, n. 4, p. 719-739, June 2008.

MIRANDA, H. S.; BUSTAMANTE, M. M. C.; MIRANDA, A. C. The fire factor. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Ed.). **Cerrados of Brazil**. New York: Columbia University, 2002. p. 51-68.

MONTEIRO, R. F.; MARTINS, R. P.; YAMAMOTO, K. Host specificity and seed dispersal of *Psittacanthus robustus* (Loranthaceae) in south-east Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 8, n. 3, p. 307-314, Aug. 1992.

MOREIRA, M. Z. et al. Hydraulic lift in a neotropical savanna. **Functional Ecology**, Oxford, v. 17, n. 5, p. 573-581, Oct. 2003.

MORELLATO, L. P. C. et al. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta de altitude na Serra do Japi, Jundiaí, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, São Paulo, v. 50, n. 1, p. 149-162, mar. 1990.

MORELLATO, L. P. C. et al. Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semi-decídua na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 12, p. 85-98, 1989.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, London, v. 403, n. 1, p. 853-858, Feb. 2000.

NUCHE, P. et al. Developmental instability as an index of adaptation to drought stress in a Mediterranean oak. **Ecological Indicators**, London, v. 40, n. 1, p. 68-75, May 2014.

OLIVEIRA, R. S. et al. Deep root function in soil water dynamics in cerrado savannas of central Brazil. **Functional Ecology**, Oxford, v. 19, n. 4, p. 574-581, Aug. 2005.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; FLUMINHAN-FILHO, M. Ecologia da vegetação do parque florestal quedas do rio bonito. **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 50-63, 1999.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. Vegetation Physiognomies and woody flora of the Cerrado Biome. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Ed.). **The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a Neotropical savanna**. New York: Columbia University, 2002. p. 91-120.

PALACIO, S.; MILLA, R.; MONTSERRAT-MARTÍ, G. Phenological hypothesis on the thermophilous distribution of *Pistacia lentiscus* L. **Flora**, London, v. 200, n. 6, p. 527-534, Nov. 2005.

PASHO, E. et al. Factors driving growth responses to drought in Mediterranean forests. **European Journal of Forest Research**, Georgetown, v. 131, n. 1, p. 1797-1807, May 2012.

PEREIRA, G. J. M.; VOLPATO, M. M. L. Levantamento das características bióticas e abióticas da área do Boqueirão. **Pro Homine**, Lavras, ano 3, p. 27-34, 2005.

PINHEIRO, E. S.; DURIGAN, G. Dinâmica espaço-temporal (1962-2006) das fitofisionomias em unidade de conservação em unidade de conservação de Cerrado no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 441-454, 2009.

POORTER, L.; BONGERS, F. **Ecology of tropical forests**. Wageningen: Wageningen Agricultural University, 1993. 223 p.

PRADO, C. H. B. A. et al. Seasonal leaf gas exchange and water potential in woody cerrado species community. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v. 16, n. 1, p. 7-16, 2004.

PRIOR, L. D.; BOWMAN, D. M. J. S.; EAMUS, D. Seasonal differences in leaf attributes in Australian tropical trees species: family and habitat comparisons. **Functional Ecology**, Oxford, v. 18, n. 5, p. 707-718, Oct. 2004.

RATNAM, J. et al. When is a 'forest' a savanna, and why does it matter? **Global Ecology and Biogeography**, Oxford, v. 20, n. 5, p. 653-660, 2011.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. 3. ed. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2008. p. 153-212.

RIVERA, G. et al. Increasing day-length induces spring flushing of tropical dry forest trees in the absence of rain. **Trees**, Berlin, v. 16, n. 2, p. 445-456, July 2002.

RIZZINI, C. T.; MORS, W. B. **Botânica econômica brasileira**. São Paulo: EDUSP, 1976. 207 p.

RONQUIM, C. C.; PRADO, C. H. B. A.; SOUZA, J. P. Growth, photosynthesis, and leaf water potential in young plants of *Coppaifera langsdorffii* Desf. (Caesalpiniaceae) under contrasting irradiances. **Brazilian Society of Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, v. 21, n. 3, p. 197-208, July/Sept. 2009.

ROSSATTO, D. R. **Padrões anatômicos, fenológicos, fotossintéticos e de crescimento em espécies arbóreas do cerrado sensu stricto e de mata de galeria**. 2008. 101 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

ROSSATTO, D. R. et al. Características funcionais de folhas de sol e sombra de espécies arbóreas em uma mata de galeria no Distrito Federal, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 640-647, 2010.

ROSSATTO, D. R. et al. Depth of water uptake in woody plants relates to groundwater level and vegetation structure along a topographic gradient in a neotropical savanna. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v. 77, p. 259-266, Apr. 2012.

ROSSATTO, D. R.; HOFFMANN, W. A.; FRANCO, A. C. Differences in growth patterns between co-occurring forest and savanna trees affect the forest-savanna boundary. **Functional Ecology**, Oxford, v. 23, n. 4, p. 689-698, Aug. 2009.

ROXBURGH, L.; NICOLSON, S. W. Differential dispersal and survival of an African mistletoe: does host size matter? **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 195, n. 1, p. 21-31, Mar. 2008.

SCHOLZ, F. G. et al. Hydraulic redistribution of soil water by neotropical savanna trees. **Tree Physiology**, Victoria, v. 22, n. 1, p. 603-612, May 2002.

SCHÖNGART, J. et al. Phenology and stem-growth periodicity of tree species in Amazonian floodplain forests. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 18, n. 4, p. 581-597, July 2002.

SCHWINNING, S.; SALA, O. Hierarchy of responses to resource pulses in arid and semi-arid ecosystems. **Oecologia**, Berlin, v. 141, n. 1, p. 211-220, Mar. 2004.

SETTE JUNIOR, C. R. et al. Crescimento em diâmetro do tronco das árvores de *Eucalyptus grandis* W. HILL. Ex. MAIDEN e relação com as variáveis climáticas e fertilização mineral. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 6, p. 979-990, nov./dez. 2010.

SETTE JUNIOR, C. R. et al. Sazonalidade do incremento em diâmetro do tronco de árvores de *Eucalyptus grandis* pelo uso de dendrômetros. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 4, p. 763-775, out./dez. 2012.

SILVA, M. C. J. **100 árvores do Cerrado**: guia de campo. Brasília: UnB, 2005. 163 p.

SILVA, R. P. et al. Diameter increment and growth patterns for individual tree growing in Central Amazon, Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 166, n. 1, p. 295-391, Aug. 2002.

SILVA, R. P. et al. Uso de banda dendrométrica na definição de padrões de crescimento individual em diâmetro de árvores da bacia do rio Cuieiras. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 33, n. 1, p. 67-84, 2003.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado**: correção do solo e adubação. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2004. 416 p.

TEODORO, G. S. et al. How does a *Psittacanthus robustus* Mart. population structure relate to a *Vochysia thyrsoidea* Pohl. host population? **Flora**, London, v. 205, n. 12, p. 797-801, Dec. 2010.

VALENZIANO, S.; SCARAMUZZI, G. Preliminary observations on the seasonal diameter growth of *Eucalyptus camaldulensis* and *E. viminalis*. In: WORLD SYMPOSIUM ON MANMADE FORESTS AND THEIR INDUSTRIAL IMPORTANCE, 1., 1967, Canberra. **Proceedings...** Canberra: Wood and Agriculture Organization of the United Nations, 1967. p. 1923-1933.

WATANABE, T.; OSAKI, M. Mechanisms of adaptation to high aluminum condition in native plant species growing in acid soils: a review. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 33, n. 7, p. 1247-1260, Aug. 2002.

WILHELM, W. W.; MCMASTER, G. S. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. **Crop Science**, Madison, v. 35, n. 1, p. 1-3, Jan./Feb. 1995.

WIMMER, R.; DOWNES, G. M.; EVANS, R. Temporal variation of microfibril angle in *Eucalyptus nitens* grown in different irrigation regimes. **Tree Physiology**, Ottawa, v. 22, n. 7, p. 449-457, May 2002.

WORBES, M. How to measure growth dynamics in tropical trees: a review. **IAWA Journal**, Leiden, v. 16, n. 4, p. 337-351, 1995.

ZANON, M. L. B.; FINGER, C. A. G. Relação de variáveis meteorológicas com crescimento das árvores de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em povoamentos implantados. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 467-476, jul./set. 2010.

ANEXO

ANEXO A - TABELA

Tabela 1 Valores médios mensais, anuais e sazonais (\pm desvio padrão; $28 \geq n \leq 31$) de temperatura, umidade relativa e déficit de pressão de vapor observados em 2013 nas áreas de estudo

Temperatura (°C)	Máxima		Mínima		Média	
	PEQRB	RBUB	PEQRB	RBUB	PEQRB	RBUB
Jan.	27,5 \pm 2,7	27,5 \pm 2	17,3 \pm 1,5	17,7 \pm 1,1	21,3 \pm 1,5	21,7 \pm 1,2
Fev.	29,5 \pm 2,5	29,4 \pm 2,3	17,9 \pm 1,5	18,2 \pm 1,3	22,2 \pm 1,3	23,2 \pm 1,8
Mar.	27,7 \pm 3,1	27,3 \pm 4	17,2 \pm 1,4	18,2 \pm 1,5	21,5 \pm 2,1	22,2 \pm 2
Abr.	25,5 \pm 1,7	26,1 \pm 1,6	14,3 \pm 2,8	15,1 \pm 2,6	18,7 \pm 1,7	20,1 \pm 1,6
Mai.	24,0 \pm 3,1	25,2 \pm 3,0	12,5 \pm 1,6	13,8 \pm 1,8	17,7 \pm 1,9	18,8 \pm 2,2
Jun.	23,6 \pm 1,9	24,8 \pm 1,3	13,0 \pm 1,1	14,5 \pm 1,2	17,2 \pm 0,9	18,9 \pm 1,2
Jul.	23,6 \pm 2,9	24,6 \pm 2,3	10,6 \pm 2,1	12,5 \pm 3	16,2 \pm 1,6	17,9 \pm 2,6
Ago.	26,3 \pm 2,4	26,7 \pm 2,2	10,5 \pm 1,9	13,1 \pm 2,6	17,7 \pm 1,5	19,3 \pm 2,4
Set.	27,5 \pm 3,9	27,4 \pm 3,0	12,9 \pm 2,6	14,4 \pm 2,7	19,5 \pm 2,4	20,2 \pm 2,7
Out.	26,7 \pm 4,5	26,5 \pm 3,3	14,3 \pm 2,2	15,1 \pm 2,5	19,7 \pm 2,2	20,2 \pm 2,8
Nov.	27,4 \pm 4,5	27,3 \pm 3,7	15,7 \pm 1,4	16,5 \pm 1,9	20,9 \pm 2,1	21,4 \pm 2,7
Dez.	28,2 \pm 2,5	28,1 \pm 1,9	17,6 \pm 1,2	17,9 \pm 1,1	21,9 \pm 1,4	22,6 \pm 1,6
JFND	28,1 \pm 3,2	28,1 \pm 2,7	17,1 \pm 1,6	17,6 \pm 1,5	21,6 \pm 1,6	22,2 \pm 2
	P=0,402		P=0,02		P=0,02	
MJJA	24,4 \pm 2,8	25,3 \pm 2,4	11,6 \pm 2,0	13,5 \pm 2,4	17,2 \pm 1,6	18,7 \pm 2,2
	P=0,01		P<0,01		P<0,01	
Anual	26,4 \pm 3,6	26,7 \pm 3	14,5 \pm 3,1	15,6 \pm 2,8	19,5 \pm 2,6	20,5 \pm 2,6
	P=0,38		P<0,01		P<0,01	

“Tabela 1, continua”

	Máxima		Mínima		Média	
	PEQRB	RBUB	PEQRB	RBUB	PEQRB	RBUB
Temperatura (°C)						
Umidade Relativa (%)						
Jan.	91,1±1,9	89,6±2,1	56,3±5	52,3±4,9	74±3,3	70,9±3,8
Fev.	90,5±2,2	88,9±2,8	52,8±4,8	49,2±5,6	72,1±3	69±4,4
Mar.	93,1±3	92,1±3,9	58,9±4,5	57,4±7,9	75,8±2,7	75,4±5,2
Abr.	91,9±1,6	90,7±2,2	56±5,7	50,3±7,7	74,4±3	70,7±4,3
Mai.	92,4±4,1	91±5,4	54,8±6,9	52±12,2	74,4±3,9	71,8±8,8
Jun.	94,2±2,8	93±3,7	56,1±3,7	55,7±6,5	75,4±1,9	75±5,1
Jul.	89,9±6,9	87,8±9,2	47,7±7,6	41,5±9,6	70,4±4,3	65,2±7,9
Ago.	83,8±9,4	80,8±12,2	41,3±9	37±8,4	65±5,6	58,4±9,6
Set.	89±6,3	87,4±8,1	43,5±10,4	41,5±11,4	66,5±6,6	64,6±9,9
Out.	90,9±5,2	89,5±6,4	50,3±9,7	49,2±10,7	70,9±5,9	69,7±8,9
Nov.	90,8±6,2	89,6±7,7	53,9±10,6	52,8±12	72,6±6,8	71,8±10,5
Dez.	92,2±2,2	90,9±2,8	57,7±6,8	54,4±6,9	75,4±4,1	73±5,5
JFND	91,2±3,6*	89,8±4,4*	55,2±7,4	52,2±8	73,6±4,7	71,2±6,7
	P<0,01		P<0,01		P<0,01	
MJJA	90,1±7,4*	88,1±9,5*	49,9±9,2	46,5±12	71,3±5,8	67,5±10,2
	P=0,06		P<0,01		P<0,01	
Anual	90,8±5,5	89,3±7	52,5±9,1	49,4±10,7	72,2±5,6	69,6±8,6
	P=0,07		P<0,01		P=0,02	

“Tabela 1, conclusão”

Temperatura (°C)	Máxima		Mínima		Média	
	PEQRB	RBUB	PEQRB	RBUB	PEQRB	RBUB
DPV (kPa)	PEQRB	RBUB	PEQRB	RBUB	PEQRB	RBUB
Jan.	1,7±0,4	1,8±0,4	0,2±0,1	0,2±0,1	1,3±0,3	1,4±0,3
Fev.	2±0,4	2,1±0,5	0,2±0,1	0,2±0,1	1,5±0,3	1,7±0,4
Mar.	1,6±0,4	1,6±0,6	0,1±0,1	0,2±0,1	1,2±0,3	1,3±0,4
Abr.	1,5±0,3	1,7±0,3	0,1±0	0,2±0	1,1±0,2	1,3±0,2
Mai.	1,4±0,4	1,6±0,6	0,1±0,1	0,2±0,1	1,1±0,3	1,2±0,5
Jun.	1,3±0,2	1,4±0,3	0,1±0	0,1±0,1	1±0,1	1,1±0,2
Jul.	1,6±0,4	1,8±0,4	0,1±0,1	0,2±0,2	1,2±0,3	1,4±0,3
Ago.	2,1±0,5	2,3±0,5	0,2±0,1	0,3±0,2	1,6±0,4	1,8±0,4
Set.	2,2±0,7	2,2±0,7	0,2±0,1	0,2±0,2	1,7±0,5	1,7±0,5
Out.	1,9±0,7	1,8±0,7	0,2±0,1	0,2±0,2	1,4±0,6	1,4±0,5
Nov.	1,8±0,8	1,8±0,7	0,2±0,1	0,2±0,2	1,4±0,6	1,4±0,6
Dez.	1,7±0,5	1,8±0,4	0,2±0,1	0,2±0,1	1,3±0,4	1,4±0,3
JFND	1,8±0,5	1,9±0,5*	0,2±0,1	0,2±0,1	1,4±0,4	1,5±0,4
	P=0,17		P=0,01		P=0,15	
MJJA	1,6±0,5	1,8±0,6*	0,1±0,1	0,2±0,2	1,2±0,4	1,3±0,5
	P<0,01		P=0,07		P<0,01	
Anual	1,7±0,6	1,8±0,6	0,2±0,1	0,2±0,1	1,3±0,4	1,4±0,5
	P=0,042		P=0,18		P=0,067	

* - Indica semelhança entre épocas para a mesma área de estudo (teste de Mann-Whitney).