



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

ELIAS SECRETÁRIO ARMANDO FERREIRA

**ECOFISIOLOGIA DE *Millettia stuhlmannii* Taub EM DIFERENTES DEMANDAS
ATMOSFÉRICAS E DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NO SOLO**

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2015

ELIAS SECRETÁRIO ARMANDO FERREIRA

**ECOFISIOLOGIA DE *Millettia stuhlmannii* Taub EM DIFERENTES DEMANDAS
ATMOSFÉRICAS E DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NO SOLO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais
Orientador: José Eduardo Macedo Pezzopane
Coorientador: Sandro Dan Tatagiba

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)

(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

Ferreira, Elias Secretário Armando, 1975-

F383e Ecofisiologia de *Millettia stuhlmannii* Taub em diferentes demandas atmosféricas e disponibilidade hídricas no solo / Elias Secretário Armando Ferreira. – 2015.

60 f. : il.

Orientador: José Eduardo Macedo Pezzopane.

Coorientadores: Sandro Dan Tatagiba.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Panga-panga. 2. Trocas gasosas. 3. Microclima. I. Pezzopane, José Eduardo Macedo. II. Tatagiba, Sandro Dan. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. IV. Título.

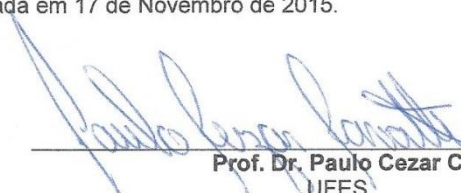
CDU: 630

**ECOFISIOLOGIA DE MILETTIA STUHLMANNII TAUB EM DIFERENTES
DEMANDAS ATMOSFÉRICAS E DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NO SOLO**

Elias Secretário Armando Ferreira

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Aprovada em 17 de Novembro de 2015.



Prof. Dr. Paulo Cezar Cavatte
UFES
Examinador Externo



Dr. Sandro Dan Tatagiba
UFES
Examinador Externo



Prof. Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane
UFES
Orientador

“As coisas são complicadas quando a gente cresce”

O autor

AGRADECIMENTOS

Ao Criador do céu e da terra vai a minha vênica pela vida e saúde.

Aos meus pais Luís e Jacinta “in memoriam” pela educação, paciência e persistência.

A minha esposa Maria Neta e filhas Jéssica e Aline pelo apoio incansável, amor e carinho.

Aos meus tios Sebastião e Jamilo “in memoriam” pela ajuda material e moral durante os meus estudos no ensino fundamental e médio.

A toda minha família pelas oração e ajuda moral.

Ao orientador José Eduardo Macedo Pezzopane pela orientação, apoio moral, persistência e brio profissional.

Ao coorientador Sandro Dan Tatagiba pelo excelente papel nas correções e paciência.

Ao professor Henrique Dias por ter me dado a conhecer o programa de pós-graduação em ciências florestais.

Ao Instituto de Investigação Agrária de Moçambique pelo apoio profissional.

À Universidade Federal do Espírito Santo e ao Programa de Pós-Graduação e Ciências Florestais pela realização do curso.

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

À Direção Nacional de Florestas (DNAF) pela informação disponibilizada.

Aos colegas de laboratório: Talita, Erilva, Siléia, Hamilton, Sandy, Mariana, Sandro, Jessily, Salim, Jonas, Rogerio e André, pelo importante auxílio e pela cordial amizade

Aos demais amigos do programa e fora do programa pela ajuda, simplicidade e acolhimento durante a minha estadia no Brasil em geral e em particular em Jerônimo Monteiro.

MUITÍSSIMO OBRIGADO!

AMBARANY!

BIOGRAFIA

Elias Secretário Armando Ferreira, filho de Luís Armando Ferreira e Jacinta Secretário, Natural da cidade de Quelimane – Zambézia – Moçambique, nasceu no dia 10 de maio de 1975. Em 1996 concluiu o Ensino Médio na Escola Secundaria 25 de Setembro – Quelimane. No ano de 1997 ingressou na carreira de professor no Ensino Fundamental até o primeiro semestre de 1999. No segundo semestre de 1999 ingressou na Universidade Eduardo Mondlane – Maputo – Moçambique, onde graduou em Engenharia Florestal em 2005. De 2006 a 2010 primeiro semestre foi professor do Ensino Médio na disciplina de Química. No segundo semestre de 2010 ingressou no Instituto de Investigação Agrária de Moçambique como Investigador Estagiário na Linha de Pesquisa de Ecologia e Manejo, onde trabalhou nas pesquisas de levantamento ecológico de cinco espécies nativas de Moçambique na Reserva Nacional de Niassa, levantamento da regeneração de cinco espécies nativas na mesma reserva, levantamento do potencial da espécie *Trichilia emetica*, levantamento de dados de parcelas permanentes na reserva de Moribane – Manica – Moçambique, levantamento do potencial dendrocronológico de três espécies nativas de moçambicanas. No primeiro semestre de 2014 iniciou o mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais na Universidade Federal do Espírito Santo. Submete-se à defesa de dissertação em novembro de 2015.

RESUMO

FERREIRA, Elias Secretário Armando. **ECOFISIOLOGIA DE *Millettia stuhlmannii* Taub EM DIFERENTES DEMANDAS ATMOSFÉRICAS E DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NO SOLO**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane. Coorientador: Sandro Dan Tatagiba.

No cenário florestal moçambicano diversas espécies nativas tem revelado potencial para a expansão silvicultural. Entre as espécies destaca-se a *Millettia stuhlmannii* (conhecida vulgarmente por panga-panga) com alto valor comercial e que tem contribuído para a economia do país. Contudo, há carência de estudos sobre o comportamento ecofisiológico desta espécie frente às condições edafoclimáticas, fato que pode comprometer o sucesso de novos projetos. Assim, o presente trabalho teve como objetivo investigar a ecofisiologia de *Millettia stuhlmannii* em diferentes demandas atmosféricas e disponibilidades hídricas no solo. O estudo foi realizado em casas de vegetação climatizadas, localizadas na área experimental do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, situado no município de Jerônimo Monteiro – ES, utilizando delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x4, sendo o fator demanda atmosférica em dois níveis (Alta e Baixa) e o fator disponibilidade hídrica no solo em quatro níveis da água disponível (100, 80, 60 e 40%), com cinco repetições. No final do experimento foram avaliadas as seguintes variáveis morfológicas: massa seca total, massa seca da parte aérea, massa seca radicular, área foliar, área foliar específica, fração de massa foliar, fração de massa radicular, fração de massa da parte aérea, razão da área foliar, relação massa seca radicular por massa seca da parte aérea e eficiência do uso da água de produtividade; variáveis fisiológicas: taxa fotossintética líquida, condutância estomática, concentração interna de CO₂ e transpiração e teores dos pigmentos fotossintéticos: clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila *a+b*, carotenóides, razão clorofila *a*/clorofila *b* e clorofila *a+b* por carotenóides. Os dados foram comparados através do modelo de regressão por meio de teste de identidade de modelos, de acordo com Chow (1960) para crescimento. Para as trocas gasosas e pigmentos fotossintéticos, foi realizado teste de Tukey ($P \leq 0,05$) usando *software* SISVAR 5.1 de Furtado (2011). A espécie apresentou diminuição da massa seca total, massa seca da parte aérea, área foliar, fração de massa foliar, razão de área foliar, fração de massa da parte aérea com a redução da disponibilidade hídrica no solo independente da demanda atmosférica; e aumento da massa seca radicular, razão massa seca radicular por massa seca da parte aérea, área foliar específica, fração de massa radicular, eficiência do uso da água de produtividade com a redução da disponibilidade hídrica no solo independente da demanda atmosférica. Porém, o maior acúmulo de massa seca total, maior área foliar e eficiência do uso da água de produtividade foi observado na alta demanda atmosférica. Para as trocas gasosas, a taxa fotossintética líquida, condutância estomática e transpiração foram maiores sob alta demanda atmosférica e o contrário foi observado para a concentração interna de CO₂. Nos pigmentos fotossintéticos, houve a diminuição

do teor com a redução da disponibilidade hídrica no solo independente da demanda atmosférica na clorofila *a*, *b*, clorofila *a+b*, carotenóides, relação clorofila *a/b* e clorofila *a+b/Carot*. Assim, a espécie teve maior desempenho na alta demanda atmosférica, o que revela se adequar as condições de clima tropical.

Palavras-chave: Panga-panga, trocas gasosas, microclima.

ABSTRACT

FERREIRA, Elias Secretário Armando. **Ecophysiology *Millettia stuhlmannii* Taub DEMANDS IN DIFFERENT WEATHER AND DEPOSITS WATER IN SOIL.** 2015. Dissertation (Master of Forest Science) - Federal University of Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Advisor: Prof. Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane. Co advisor: Sandro Dan Tatagiba.

The Mozambican forest setting several native species has shown potential for silvicultural expansion. Among the species there is the *Millettia stuhlmannii* (commonly known by panga-panga) with high commercial value and that has contributed to the country's economy. However, there are few studies on the ecophysiological behavior of this kind across the soil and weather conditions, which could compromise the success of new projects. The present study aimed to investigate the physiological ecology of *Millettia stuhlmannii* in different atmospheric demand and water availability in the soil. The study was carried out in air-conditioned greenhouses, located in the experimental area of the Department of Forest Science and Madeira in the Agricultural Sciences Center of the Federal University of Espírito Santo, located in the town of Jerônimo Monteiro - ES, using completely randomized design in a 2x4 factorial design, and the atmospheric demand factor on two levels (high and low) and the water availability factor on the ground on four levels of available water (100, 80, 60 and 40%), with five repetitions. The following morphological variables at the end of the experiment were assessed: total dry weight, shoot dry weight, root dry weight, leaf area, specific leaf area, leaf mass fraction, root mass fraction, mass fraction of the shoot, reason leaf area, root dry mass ratio by dry weight of shoot and efficient use of water productivity; physiological variables: net photosynthesis, stomatal conductance, internal CO₂ concentration and transpiration and contents of photosynthetic pigments: chlorophyll *a*, chlorophyll *b*, chlorophyll *a+b*, carotenoids, chlorophyll ratio *a*/chlorophyll *b* and chlorophyll *a+b* carotenoids. Data were compared using the regression model by modeling identity test according to Chow (1960) for growth. For gaseous and photosynthetic pigments exchanges, it was held Tukey test ($p \leq 0.05$) using software SISVAR 5.1 Furtado (2011). The species exhibited reduced total dry weight, shoot dry mass, leaf area, leaf mass fraction, leaf area ratio, shoot mass fraction with the reduction of water availability in the soil independent of atmospheric demand; and increased root dry weight, root dry weight ratio by dry weight of shoot, specific leaf area, root mass fraction, use efficiency of water productivity by reducing water availability in the soil independent of atmospheric demand. However, the biggest accumulation of total dry matter, leaf area and most efficient use of water productivity was observed in high atmospheric demand. For gas exchange, net photosynthetic rate, stomatal conductance and transpiration were higher under high atmospheric demand and the opposite was observed for the internal CO₂ concentration. In photosynthetic pigments, there was a decrease in strength with a reduction in water availability in soil, independently of atmospheric demand in chlorophyll *b*, chlorophyll *a+b*, carotenoids, chlorophyll *a/b*, chlorophyll *a+b*/Carot. Thus, the species had higher performance in high atmospheric demand, which reveals suit the tropical weather conditions.

Keywords: Panga-panga, gas exchange, microclimate.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS	3
2.1	OBJETIVO GERAL	3
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1	LOCALIZAÇÃO DE MOÇAMBIQUE	4
3.2	SETOR FLORESTAL DE MOÇAMBIQUE	5
3.3	DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE	7
4	MATERIAL E MÉTODOS	12
4.1	LOCAL DE ESTUDO E DESENHO EXPERIMENTAL	12
4.2	CARACTERIZAÇÃO DA DEMANDA ATMOSFÉRICA	13
4.3	LOCAL DE COLETA DAS SEMENTES	15
4.4	CRESCIMENTO DAS PLANTAS, MATERIAL EXPERIMENTAL E SUBSTRATO	16
4.5	DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO SOLO	17
4.6	AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DAS PLANTAS	19
4.7	AVALIAÇÃO DAS TROCAS GASOSAS	20
4.8	DETERMINAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE CLOROFILA E DE CAROTENÓIDES	20
4.9	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS	21
5	RESULTADOS	22
5.1	CRESCIMENTO DAS PLANTAS	24
5.2	TROCAS GASOSAS	28
5.3	CONCENTRAÇÃO DE PIGMENTOS	30
6	DISCUSSÃO	32
7	CONCLUSÕES	35
8	REFERÊNCIAS	36
	APÊNDICES	41

1 INTRODUÇÃO

A espécie *Millettia stuhlmannii* Taub, pertencente à família Fabaceae, ocorre principalmente em áreas de clima subtropical de Moçambique, Sul da Tanzânia e Leste de Zimbabwe (LOUPPE; OTENG-AMOAKO e BRINK, 2008). De acordo com a Direção Nacional de Florestas de Moçambique (2013), esta foi a espécie mais explorada no país, com cerca de 33.000 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de madeira cortada. Trata-se de uma espécie de grande valor comercial, sendo considerada como madeira de lei de acordo com a legislação florestal moçambicana.

O clima afeta diretamente aspectos fisiológicos dos vegetais, como a fotossíntese e respiração (BUCKERIDGE et al., 2008). Estes, por sua vez, afetam a produtividade e até mesmo a capacidade de sobrevivência das plantas (WALTHER et al., 2002). A redução na produtividade vegetal é preocupante, mas os riscos que as alterações climáticas podem gerar têm se manifestado de diversas formas, dentre as quais se destaca o “aquecimento global”, termo usado para identificar o fenômeno do aumento da temperatura do planeta (ROOS et al., 2011). Porém, também estão sendo observadas com maior frequência e intensidade, eventos climáticos extremos, alterações no regime de chuvas e perturbações nas correntes marítimas (IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013).

A redução da disponibilidade hídrica no solo causa a diminuição da turgescência (LARCHER, 2000) induzindo efeitos primários (redução do potencial hídrico, desidratação celular e resistência hidráulica) e efeitos secundários (redução da expansão celular e foliar, redução das atividades celulares e metabólicas, fechamento estomático, abscisão foliar, morte celular), como consequência há redução significativa no acúmulo de massa seca (TAIZ e ZEIGER, 2013). Também há redução da fotossíntese líquida, condutância estomática e aumento da transpiração, isso faz com que haja menor produção de fotoassimilados (ATKIN e TJOELKER, 2003).

Grande parte do sucesso da silvicultura se deve ao entendimento das relações entre as espécies e o clima. O clima é, sem dúvida, o fator determinante de adaptação e crescimento vegetal. O impacto do clima no estabelecimento das florestas depende de sua vulnerabilidade e adaptabilidade, que se refere à capacidade dos vegetais tolerarem estresses bióticos e abióticos, como o ataque

de doenças e pragas, a seca, o frio, os incêndios e aos componentes genéticos e ambientais que podem ser alterados por meio do manejo florestal e práticas silviculturais (KLIEJUNAS et al., 2009).

Os estudos das relações entre diferentes demandas atmosféricas e disponibilidades hídricas no solo são importantes, visto que tem efeitos em diversos processos fisiológicos das plantas. As duas variáveis influenciam as trocas gasosas das plantas uma vez que a redução da disponibilidade hídrica e o aumento da demanda evaporativa da atmosfera tende a diminuir a condutância estomática em muitas espécies (LAWLOR e CORNIC, 2002; FLEXAS et al., 2004). Sendo que a demanda evaporativa da atmosfera tem sido a variável mais importante para as espécies lenhosas pois é a mais afetada pela radiação solar ao longo do dia e tem relação direta com as relações hídricas da planta (GALLÉ et al., 2009).

Segundo Broadmeadow, Ray e Samuel (2005), previsões sobre as mudanças climáticas sugerem que o aumento da temperatura do ar, as alterações na precipitação, na velocidade do vento e na umidade do ar, poderão afetar o crescimento das espécies. Contudo, é necessário conhecer os efeitos das alterações climáticas sobre cada espécie, uma vez que as condições favoráveis são específicas, não podendo ser generalizadas. Para isso, observações de pesquisa dirigida são fundamentais para o entendimento da ecofisiologia de *M. stuhlmannii* em diferentes demandas atmosféricas e disponibilidades hídricas no solo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Investigar o efeito da demanda atmosférica nas características morfológicas e fisiológicas de *Millettia stuhlmannii* sob diferentes disponibilidades hídricas no solo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

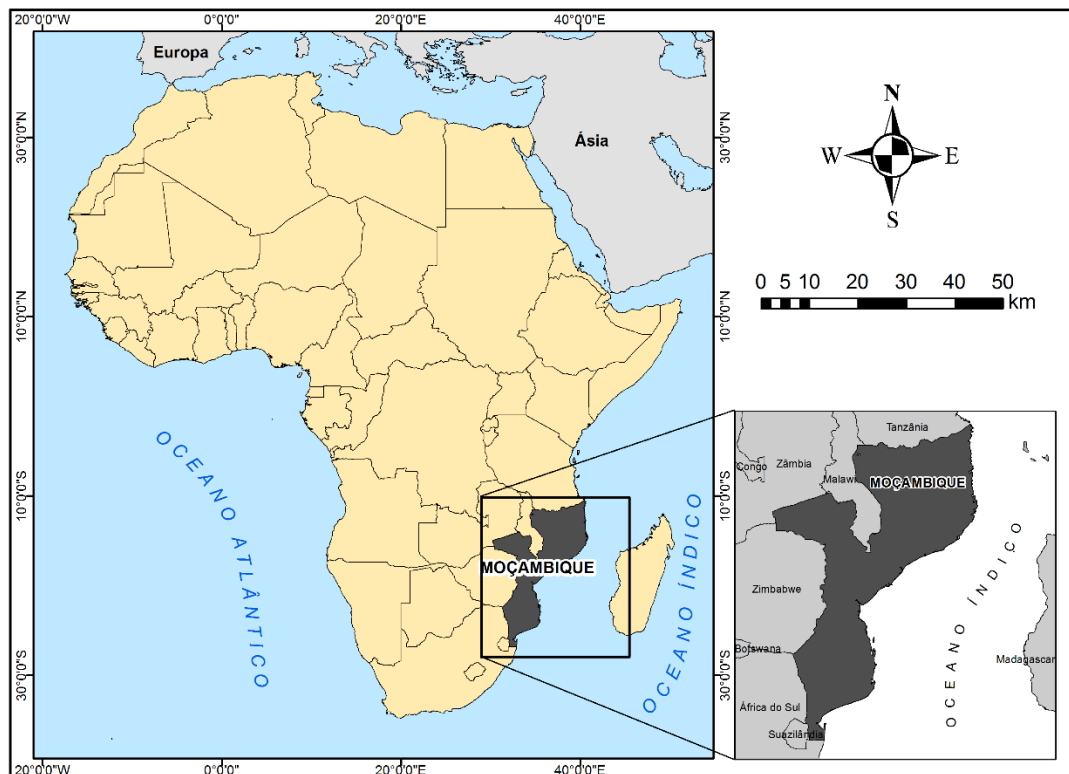
- Avaliar o crescimento e partição de biomassa de plantas de *Millettia stuhlmannii* submetidas a diferentes demandas evaporativas da atmosfera e disponibilidades hídricas no solo;
- Avaliar as trocas gasosas (taxa fotossintética líquida, condutância estomática, concentração interna de CO₂ e transpiração) de plantas de *Millettia stuhlmannii* submetidas a diferentes demandas evaporativas da atmosfera e disponibilidades hídricas no solo;
- Determinar a concentração dos pigmentos fotossintéticos (clorofila *a*, *b* e carotenóides) das plantas a diferentes demandas evaporativas da atmosfera e disponibilidades hídricas no solo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 LOCALIZAÇÃO DE MOÇAMBIQUE

Moçambique localiza-se na costa Leste da África entre as latitudes $10^{\circ} 27' S$ e $26^{\circ} 52' S$ e longitudes $30^{\circ} 12' E$ e $42^{\circ} 51' E$, possuindo área de aproximadamente 783.000 Km^2 , banhado pelo oceano Índico com 2.770 Km de costa oceânica (Figura 1) (HOGUANE, 2007).

Figura 1 – Localização geográfica de Moçambique



Fonte: LOUPPE et al. (2008).

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima é tropical úmido (Aw) com duas estações: inverno seco (maio à outubro) e verão chuvoso (novembro à abril), com a precipitação total anual de 1200 mm e temperatura do ar média anual de 25° C (PEEL, FINLAYSON e MCMAHON, 2007).

O país é dividido em 3 regiões (Norte, Centro e Sul), 11 províncias e 43 municípios tendo como capital a cidade de Maputo. A população, segundo o último censo de 2007 é de $20.366.795$ habitantes.

3.2 SETOR FLORESTAL DE MOÇAMBIQUE

De acordo com Marzoli (2007), cerca de 70% do território nacional é coberto por vegetação natural ou plantada, dos quais 50% é coberto por florestas (cerca de 40 milhões de hectares). As florestas têm 1.745.000.000 m³ de volume total de madeira, dos quais 123.000.000 m³ são disponíveis para o corte. Destaca-se que, nos últimos 5 anos, 96.965 m³ de madeira de *M. stuhlmannii* foi autorizado o corte.

Segundo a lei que regula o setor florestal em Moçambique, as principais espécies comerciais são classificadas da seguinte forma: espécies preciosas (*Dalbergia melanoxylon*, *Berchemia zeyhri*, *Guibourita conjugata* e *Spirostachys africana*), espécies de 1ª classe (*Millettia stuhlmannii*, *Azelia quanzensis*, *Pterocarpus angolensis*, *Androstachys johnsonii*, *Khaya nyasica*, *Swartzia madagascariensis*, *Combretum imberbe*, *Erythrophloeum suaveolens* e *Breonadia microcephala*), espécies de 2ª classe (*Burkea africana*, *Sterculia quinqueloba*, *Julbernardia globiflora* e *Brachystegia spiciformis*) e até espécies de 4ª classe. A classificação foi feita considerando os seguintes atributos: valor comercial, científico, raridade, utilidade, resistência e qualidade das espécies. A madeira das espécies preciosas comparativamente as de 1ª classe tem maior valor comercial, maior resistência e melhor qualidade, assim como as espécies de 1ª e 2ª classe, 2ª e 3ª classe, 3ª e 4ª classe (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2002).

De acordo com Ministério da Agricultura de Moçambique (2002), o plantio de espécies exóticas teve início no século XIX com o gênero *Eucalyptus*, visando a arborização dos pântanos das grandes cidades e posterior transformação em locais de diversão. Entre as décadas de 20 e 40 foi feito o plantio da espécie *Casuarina equisetifolia* para a proteção das dunas de areia na foz dos rios e ao longo de algumas dunas da costa do oceano Índico.

Após calorosos debates e questionamentos sobre reflorestamento utilizando espécies exóticas e da qualidade da madeira das mesmas em relação às espécies nativas, na década de 50, foi tomada a decisão de estabelecimento de ensaios das seguintes espécies nativas: *Pterocarpus angolensis*, *Azelia quanzensis*, *Millettia stuhlmannii*, *Androstachys johnsonii*, *Clorophora excelsa*, *Khaya nyasica* (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA DE MOÇAMBIQUE, 2002).

Embora tenham sido estabelecidos ensaios experimentais com espécies nativas, o país continuou com o reflorestamento de espécies exóticas, que

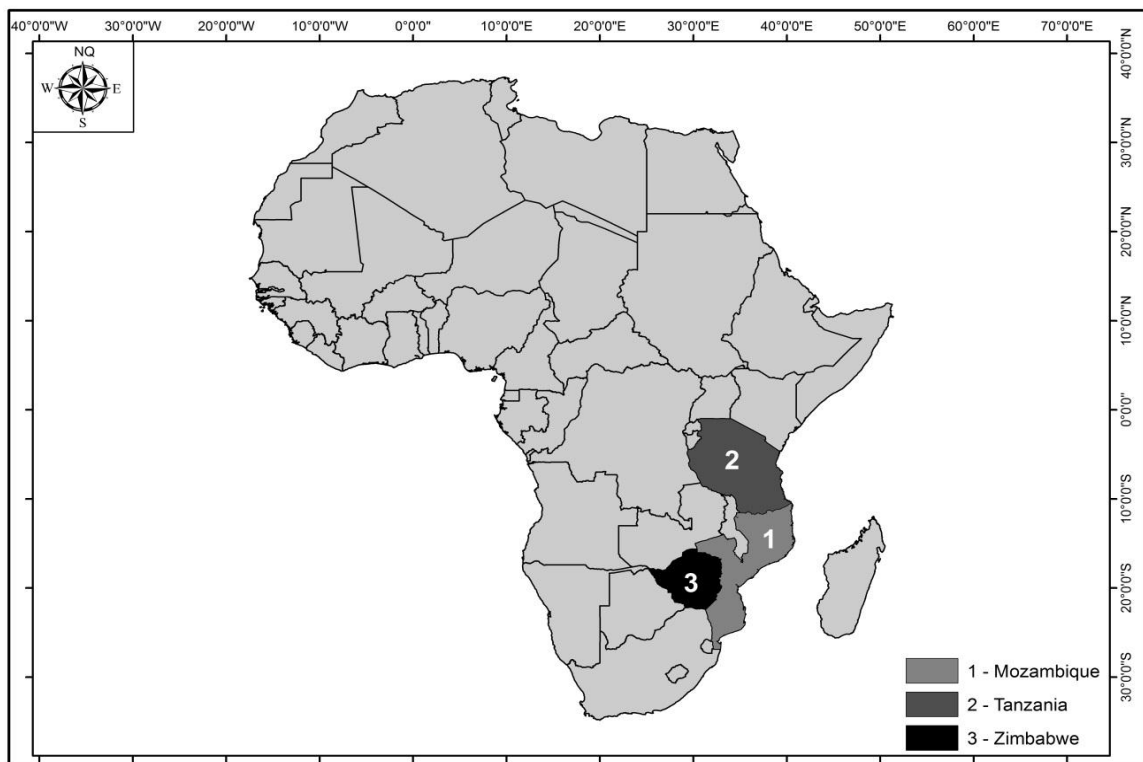
atualmente ocupa cerca de 3 milhões de hectares. Uma parte do potencial florestal está sendo explorado atualmente por empresas que estão investindo em plantações florestais no Norte e Centro do país, destacando-se a empresa Portucel que prevê explorar 350 mil hectares nos próximos anos. A expectativa é que, nos próximos anos Portucel tenha o maior viveiro de produção de mudas do gênero *Eucalyptus* na África (LUSA, 2015).

No continente africano, Moçambique é um dos cinco maiores exportadores de produtos madeireiros (CANDY *et al.*, 2008). As espécies florestais mais exportadas são: *Pterocarpus angolensis*, *Dalbergia melanoxylon*, *Swartzia madagascariensis*, *Combretum imberbe*, *Millettia stuhlmannii* e *Azelia quanzensis*, para o mercado Europeu (Espanha, Portugal, Itália), Asiático (China, Japão), Africano (África do sul, Maurícias e Zimbábue). Porém, o maior mercado tem sido o chinês, visto que o volume de exportação de madeira serrada aumentou cerca de 12.000 m³ em 2005 para 176.572 m³ em 2010 (Direção Nacional de Florestas de Moçambique – DINAF, 2013).

3.3 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE

M. stuhlmannii Taub ocorre naturalmente na região Sul da Tanzânia, Leste de Zimbabwe e Moçambique (Figura 2). É encontrada naturalmente em floresta estacional decidual, com a altitude variando entre 150 a 900 m, apresentando regime pluviométrico situado entre 500 a 1400 mm anuais (LOUPPE et al., 2008).

Figura 2 – Origem e distribuição geográfica da *Millettia stuhlmannii* Taub.



Fonte: LOUPPE et al. (2008).

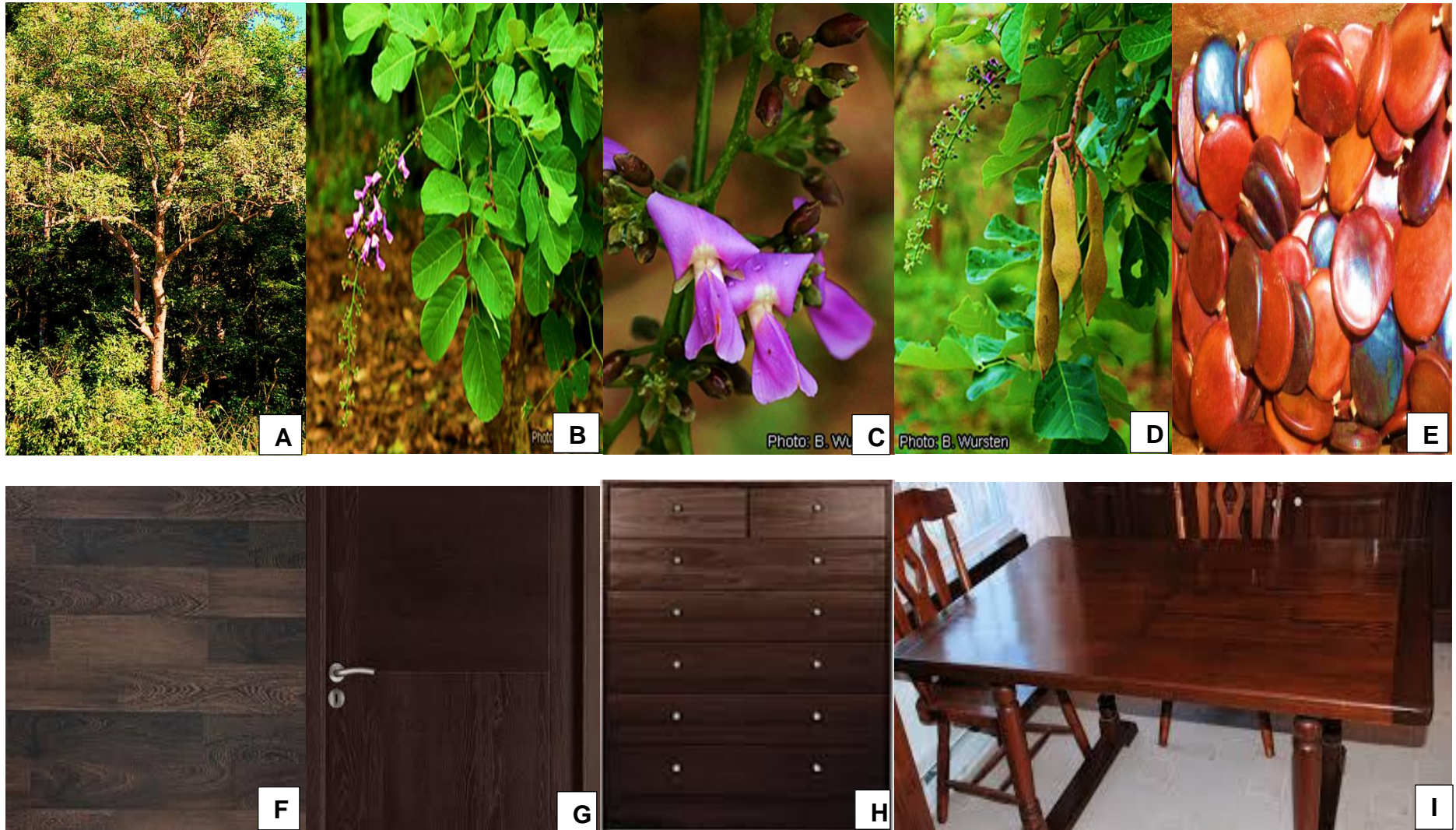
É uma espécie arbórea de médio porte, com altura variando entre 20 a 30 metros, com tronco reto ou curvado, cilíndrico com diâmetro a altura do peito variando entre 120-150 cm, apresentando casca lisa de cor amarela esverdeada e atinge as dimensões citadas anteriormente com a idade média de 100 anos. Suas folhas são compostas alternadas, imparipinada com 2 a 4 pares de folíolos, opostas, elípticas a ovadas que podem atingir uma área de 13 cm x 9 cm. A inflorescência é formada por panículas terminais que podem atingir 35 cm, ocorrendo flores bissexuais entre os meses de novembro a janeiro. O fruto apresenta-se oblanceolado plano, com parede rígida, de coloração marrom amarelado. As sementes apresentam formato ovóide achatadas com área de

aproximadamente 20-23 mm x 17-19 mm, lisas, de coloração marrom escuro, com um pequeno arilo na base e a frutificação ocorre entre os meses de abril ou maio.

A densidade da madeira está em torno de 825 Kg m^{-3} , com cerne de coloração castanho, áreas escuras e claras alternadas em forma de ziguezague ou listado, ocasionado pela alternância dos tecidos fibrosos e parenquimáticos. A grã é revessa e a textura heterogênea variando de média a grossa. É uma madeira muito dura, difícil de serrar, aplainar, pregar, com resistência ao parafuso, resistente ao ataque de insetos e fungos. É de fácil secagem sofrendo apenas empenamentos suaves e pequenas fendas, é receptível ao polimento e cera, apresentando bom aspecto ao verniz (BUNSTER, 2006).

A madeira apresenta alto valor comercial, sendo utilizada para fabricação de móveis como: cadeiras, mesas, armários, camas, portas, janelas, esculturas, e sua raiz é usada na medicina tradicional para o tratamento de dores de estômago (Figura 3) (LOUPPE et al., 2008).

Figura 3 – Aspectos da espécie *Millettia stuhlmannii* Taub e seus usos: **A** – árvore adulta; **B** – folhas; **C** – flores; **D** – frutos; **E** – sementes; **F** – madeira serrada; **G** – porta; **H** – Cômoda; **I** – Mesa e cadeiras



Fonte : Florazimbawe (2015)

3.4 DEMANDA ATMOSFÉRICA E DISPONIBILIDADE HÍDRICO NO SOLO

O crescimento das plantas tem influência da demanda atmosférica e a da disponibilidade hídrica no solo pois, a combinação desses fatores pode aumentar ou diminuir o crescimento das plantas dependendo da fisiologia da espécie. Alguns estudos tem mostrado que a redução da demanda evaporativa da atmosfera aumenta a abertura dos estômatos que resulta na maior condutância estomática e como consequência maior taxa de fotossíntese líquida (ROBERTS e ZWIAZEK, 2001; LEUSCHNER, 2002; CODARIN et al., 2006). Porém, o aumento da demanda evaporativa da atmosfera pode aumentar a transpiração dependendo da espécie e do tipo de genótipo (FLETCHER et al., 2007; SINCLAIR et al., 2008; WHERLEY e SINCLAIR, 2009; GHOLIPOOR et al., 2010; KHOLOVÁ et al., 2010).

Os fatores abióticos (água, temperatura, radiação solar, luz, vento e composição do solo) influenciam de forma direta na distribuição das espécies em diferentes biomas (CUSHMAN, 1990), bem como no crescimento, desenvolvimento, reprodução e sobrevivência dos vegetais (TAIZ e ZEIGER, 2013), sendo a água e a temperatura do ar os fatores que desempenham um papel primordial. A água ocupa a maior porção do volume celular (cerca de 97%), podendo causar perturbações fisiológicas e bioquímicas nas plantas.

O déficit hídrico causa a diminuição da turgescência (LARCHER, 2000) induzindo efeitos primários (redução do potencial hídrico, desidratação celular e resistência hidráulica) e efeitos secundários (redução da expansão celular e foliar, redução das atividades celulares e metabólicas, fechamento estomático, abscisão foliar, morte celular), como consequência há redução significativa no acúmulo da massa seca (TAIZ e ZEIGER, 2013). Também há redução da taxa fotossintética, condutância estomática e aumento da transpiração, isso faz com que haja menor produção de fotoassimilados (ATKIN e TJOELKER, 2003).

Vários estudos com espécies agrícolas e florestais, têm mostrado que o déficit hídrico reduz a massa seca total, área foliar, área foliar específica (respostas morfológicas) e taxa fotossintética líquida, condutância estomática, transpiração (respostas fisiológicas) (DIAS et al., 2008; LOPEZ, 2009; ADAMS et al., 2009; DUAN et al., 2013).

Liu e Stützel (2002), na avaliação da resposta de *Amaranthus* spp ao déficit hídrico, constataram que a condutância estomática reduziu significativamente com

aumento do déficit hídrico. Déficit hídrico aplicado a seis espécies no mediterrâneo, resultaram na diminuição da taxa fotossintética líquida (GULÍAS et al., 2002). Estudo feito por Maroco et al. (2002) para analisar as limitações da fotossíntese de pereira, observou a redução da fotossíntese e condutância estomática. Aroca, Irigoyen e Díaz (2003), teve taxa fotossintética líquida, condutância estomática e transpiração menor com aumento do déficit hídrico. Slot e Poorter (2007) Avaliaram o estresse hídrico aplicado ao milho e constaram a diminuição da taxa fotossintética líquida e condutância estomática. Puértolas et al. (2008) e Boussadia et al. (2008) na análise do déficit hídrico aplicado ao *Quercus suber*, obtiveram a redução da taxa fotossintética líquida e condutância estomática.

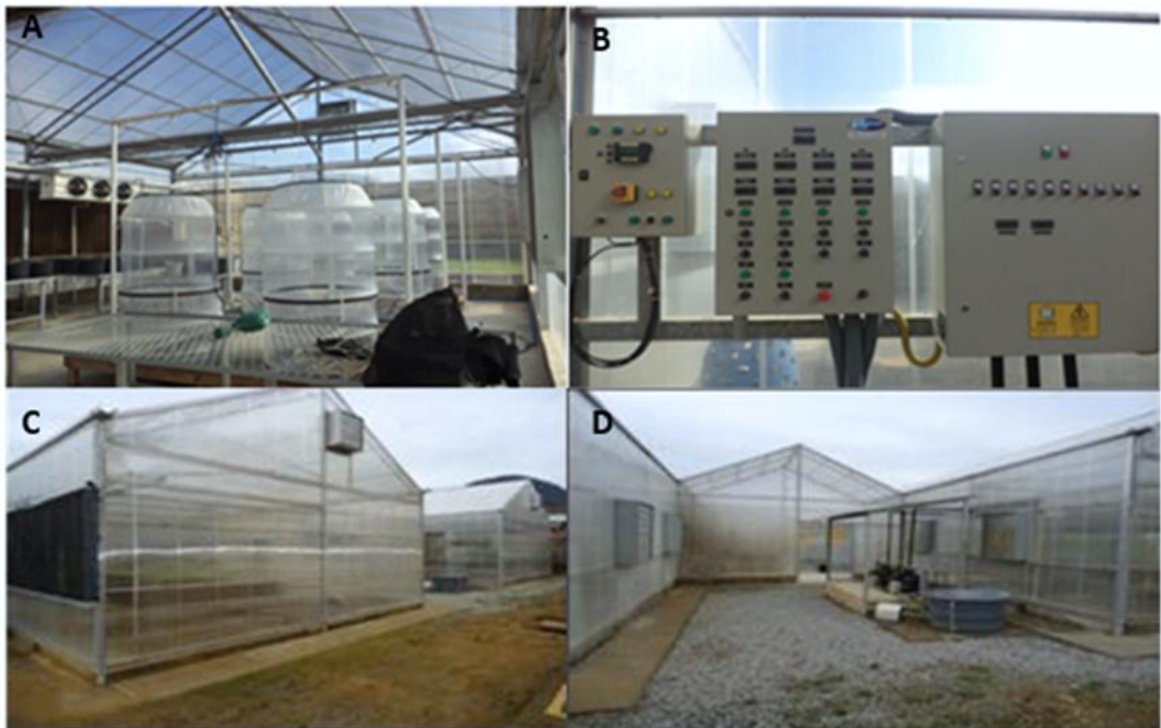
De acordo com Lei, Yin e Li (2006) na análise das diferenças em algumas respostas morfológicas e fisiológicas para estresse hídrico em duas populações de *Polulus przewalskii*, constataram que houve diminuição da clorofila *a*, *b* e total com aumento progressivo do déficit hídrico. Efeitos comparativos de ecofisiologia em mudas de *Pinus halepensis*, *Quercus coccifera* e *Q. ilex* teve como resultado a clorofila total baixa com aumento do déficit hídrico (BAGUEDANO e CASTELLO, 2006);

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAL DE ESTUDO E DESENHO EXPERIMENTAL

O estudo foi realizado em casas de vegetação climatizadas, localizadas no Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, no Município de Jerônimo Monteiro – ES, latitude 20°47'25" S e longitude 41°23'48" W, a altitude de 120 m (Figura 4).

Figura 4 – Estrutura da casa de vegetação climatizada. **A)** interior da casa de vegetação, **B)** painel de comando da casa de vegetação, **C)** imagem panorâmica externa da casa de vegetação, **D)** imagem externa da casa de vegetação



Fonte: Autor, 2015.

O experimento com mudas de *Millettia stuhlmannii* foi avaliado sob diferentes demandas atmosféricas e disponibilidades hídricas no solo. O delineamento usado foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2 x 4 (duas demandas atmosféricas x quatro disponibilidades hídricas no solo), com 5 repetições, sendo cada repetição composta por uma planta.

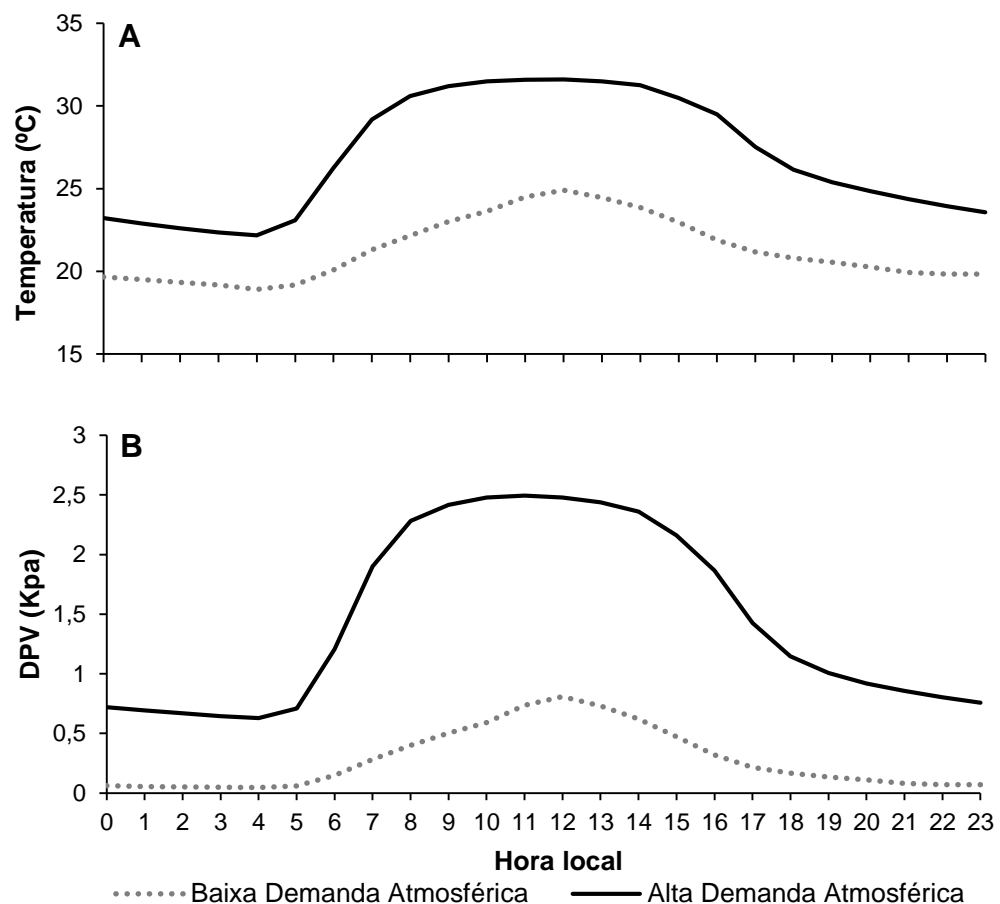
Utilizou-se uma baixa demanda atmosférica (21,2 °C e 0,29 Kpa), outra alta (26,9 °C e 1,49 Kpa) e quatro disponibilidades hídricas no solo (100, 80, 60 e 40%).

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA DEMANDA ATMOSFÉRICA

Os dados microclimáticos foram obtidos a partir de estações meteorológicas automáticas instaladas nas casas de vegetação, em que foram acopladas sensores de temperatura e umidade relativa do ar (Marca Vaisala, modelo CS500). Os dados foram coletados a partir de um datalogger (Marca Campbell Scientific Inc, modelo CR-10x) com leituras de dados a cada 10 segundos e armazenamento a cada 5 minutos.

Os valores de déficit de pressão de vapor do ar (DPV) foram obtidos a partir da equação de pressão de saturação de vapor de água (e_s) e pressão parcial de vapor (e_a) (PEREIRA, ANGELOCCI e SENTELHAS, 2002). O comportamento médio diário ao longo do tempo experimental obtém, temperatura do ar e DPV médio diário ilustrado na Figura 8.

Figura 8 – Curso médio diário da temperatura do ar (A) e do déficit de pressão de vapor (B) durante o período experimental, em duas casas de vegetação climatizadas no município de Jerônimo Monteiro – ES, no período de 18 de setembro à 12 de dezembro de 2014.



O manejo da temperatura e da umidade relativa do ar possibilitou a definição de dois diferentes microclimas. O primeiro microclima apresentou menores valores de temperatura do ar e déficit de pressão de vapor, originando um ambiente com Baixa demanda atmosférica enquanto o segundo microclima, apresentou maiores valores de temperatura do ar e DPV, dando origem a um ambiente com Alta demanda atmosférica (Tabela 2).

A temperatura e o DPV médio durante o período experimental foram respectivamente 5,7 °C e 1,2 Kpa acima no microclima com alta demanda atmosférica em relação ao de baixa demanda atmosférica.

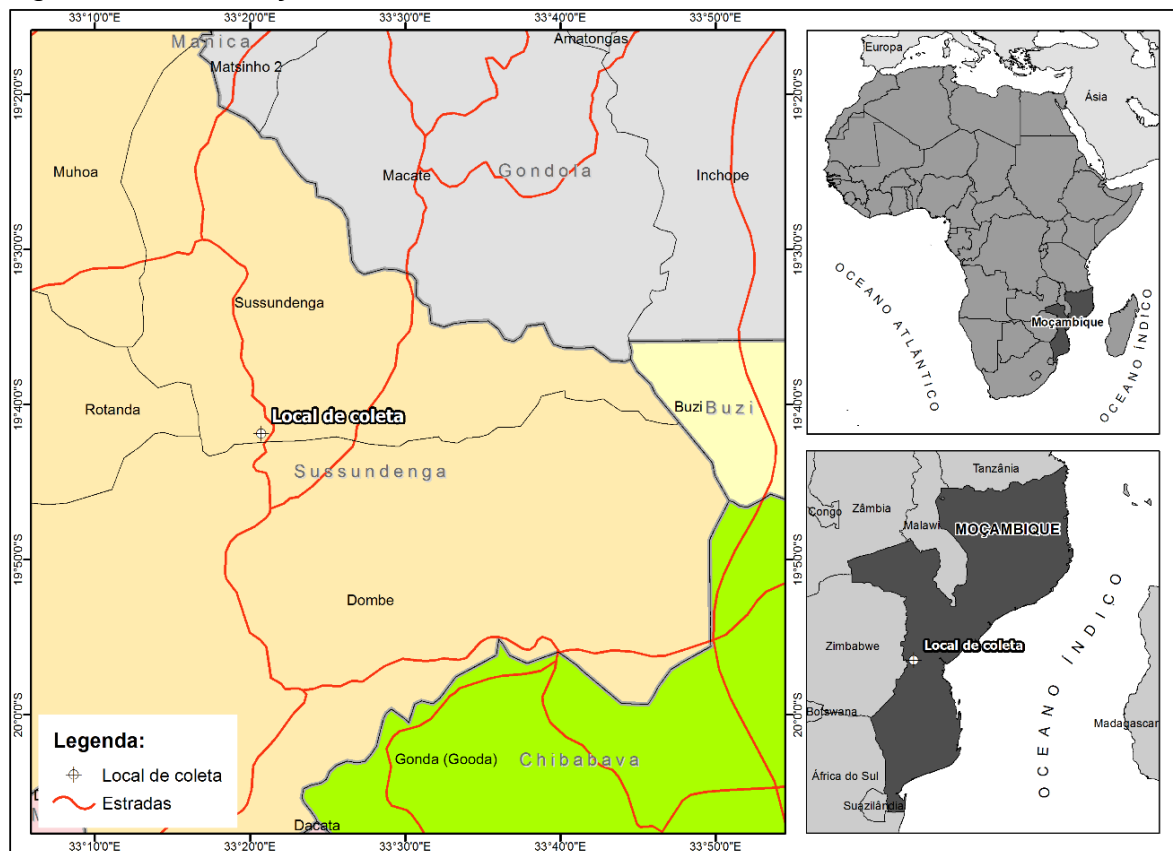
Tabela 2 – Temperatura máxima, média e mínima do ar, déficit de pressão de vapor máximo, médio e mínimo em duas casas de vegetação no período de 18 de setembro a 12 de dezembro de 2014 no município de Jerônimo Monteiro – ES.

Temperatura (°C)	Demanda Atmosférica	
	Baixa	Alta
Máxima	24,9	31,6
Média	21,2	26,9
Mínima	18,9	22,1
DPV (Kpa)		
Máximo	0,81	2,49
Médio	0,29	1,49
Mínimo	0,05	0,63

4.3 LOCAL DE COLETA DAS SEMENTES

As sementes foram importadas de Moçambique, possuindo certificado fitossanitário emitido pelo Ministério de Agricultura e Segurança Alimentar. A coleta foi realizada em outubro de 2013 na reserva de Moribane, província de Manica, distrito de Sussundenga, localizada nas seguintes coordenadas geográficas: 19° 41'-19° 48' S e 33° 16'-33° 24' E, (Figura 5).

Figura 5 – Localização da área de coleta da semente



Fonte: LOUPPE et al. (2008).

O local apresenta altitude de 400 a 550 m em relação ao nível do mar. A estação chuvosa ocorre nos meses de novembro a abril e a estação seca vai de maio a outubro. A precipitação média anual é de 1500 mm e a temperatura média do ar na estação chuvosa é de 24°C e na estação seca 18 °C (GHIURGHI, DONDEYNE e BANNERMAN, 2010).

O clima é considerado tropical úmido de altitude, apresentando solos arenosos, argilo arenosos, areno argilosos e argilosos (GHIURGHI; DONDEYNE e BANNERMAN, 2010). De acordo com Müller, Siteo e Mabunda (2005), o tipo de

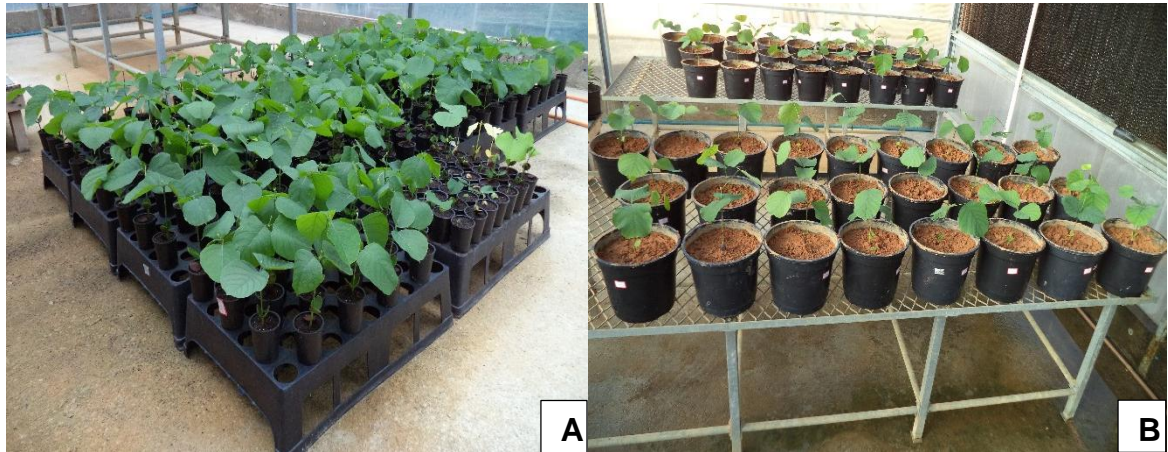
vegetação predominante é floresta tropical e de transição (ocorre entre floresta tropical e savana africana) composta maioritariamente pelas seguintes espécies: *Millettia stuhlmannii* Taub, *Xylopiya parviflora* Benth, *Tabernaemontana elegans*, *Pteliopsis myrtifolia*, *Bersama abyssinica*, *Erythrophleum suaveolens*, *Celtis mildbreadii* Engl, *Newtonia buchananii* Baker.

4.4 CRESCIMENTO DAS PLANTAS, MATERIAL EXPERIMENTAL E SUBSTRATO

As mudas de *M. stuhlmannii* foram produzidas via propagação seminal. As sementes foram acondicionadas em tubetes de 290 cm³ com substrato comercial composto por: casca de pinus, esterco, serragem, fibra de côco, vermiculita, casca de arroz, cinza, gesso agrícola, carbonato de cálcio, magnésio, termofosfato magnésiano e aditivos (Figura 6A).

Após 40 dias de crescimento, as mudas passaram por processo de seleção quanto a uniformidade em altura e par de folhas sendo selecionadas as mais vigorosas e posteriormente transplantadas para vasos de 12 litros. Depois de transplante os vasos foram dispostos em cima de bancadas metálicas na casa de vegetação permanecendo por 20 dias num ambiente controlado com temperatura média do ar de 25 °C e umidade relativa média do ar de 68%, com substrato mantido próximo à capacidade de campo. Posteriormente, os vasos contendo as plantas foram distribuídos entre duas casas de vegetação com diferentes condições microclimáticas (Baixa demanda atmosférica e Alta demanda atmosférica), iniciando-se os tratamentos de disponibilidade hídrica no substrato, adotando-se os níveis de 100, 80, 60 e 40% da água disponível (AD) permanecendo por 86 dias (Figura 6B).

Figura 6 – Produção de mudas de *Millettia stuhlmannii*; **A** – Mudanças nos tubetes; **B** – Disposição dos vasos com as mudas na bancada da casa de vegetação climatizada, localizada no município de Jerônimo Monteiro – ES na fase de aclimação.



Fonte: Autor, 2015.

O substrato foi constituído de solo extraído de camadas na profundidade de aproximadamente 40 a 80 cm de um Latossolo Vermelho-Amarelo (55%), areia lavada (30%) e composto de casca bioestabilizada de *Pinus* (15%). Após a realização da análise química e física do solo, obteve a classificação como Franco Argilo Arenoso (Tabela 1).

As plantas necessitaram de adubação, sendo feita aos 10 dias após o início do experimento e as demais o mesmo período. Para cada vaso contendo planta aplicou-se 3 gramas de N-P-K com formulado 19-6-10 e 0,65 mL de magnésio diluído em 50 mL de água.

Tabela 1 – Análise química e física do substrato utilizado no experimento.

Camada (m)	Química								Física			
	pH	P	K	Na	Mg	Al	Ca	M.O	Argila	Silte	Areia	Densidade
	H ₂ O	mg/dm ³			cmol/dm ³			g/kg	(%)			
0,20-0,40	5,9	23	68	11	1	0	1	9	35	2	63	0,61

4.5 DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO SOLO

A água disponível no solo (AD), foi calculada através da equação proposta por Centurion e Andreoli (2000):

$$AD = CC - PMP$$

Em que:

CC=Capacidade de campo;

PMP = Ponto de murcha permanente.

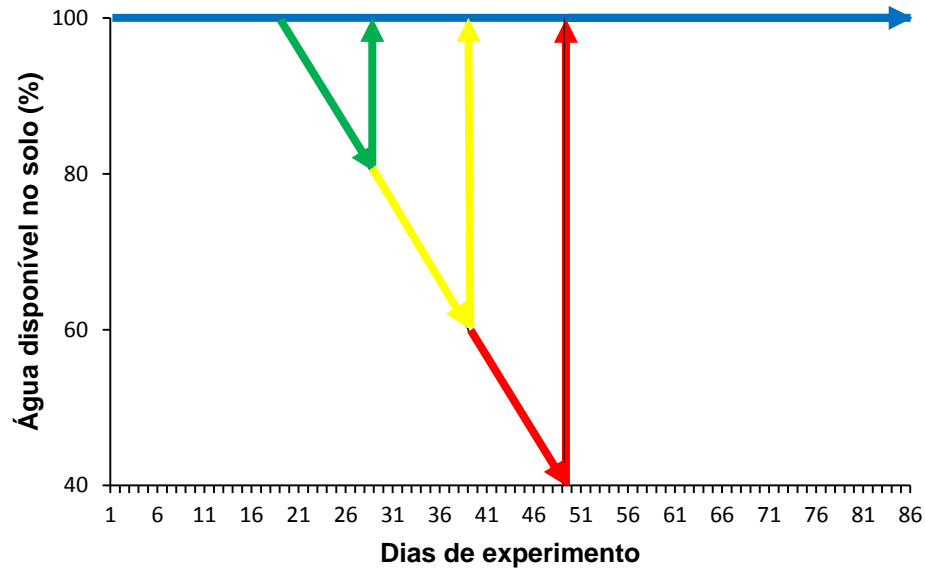
Para a determinação da lâmina de água no substrato, foi realizada a curva de retenção de água no solo, segundo EMBRAPA (1997), a partir de amostras deformadas previamente peneiradas, que após serem saturadas por no mínimo 12 horas foram levadas à câmara de pressão de Richards com placa porosa para estabilização, adotando um tempo não inferior a três dias e posteriormente se determinou as umidades gravimétricas (U), correspondendo às tensões de 0,010 MPa para capacidade de campo e 1,5 MPa para ponto de murcha permanente, com três repetições.

A água disponível (AD) encontrada foi de 11%, calculada observando-se os valores de umidade volumétrica obtida para a capacidade de campo (CC) em 24% determinada na tensão de 0,010 MPa e para o ponto de murcha permanente (PMP) em 13% na tensão de 1,5 Mpa. A umidade volumétrica (θ) para cada uma das tensões foi ajustada, utilizando-se o modelo matemático proposto por Genuchten (1980). Os parâmetros empíricos foram analisados pelo *software* Soil Water Retention Curves (SWRC), versão 2.0.

As plantas foram submetidas aos tratamentos sem redução de disponibilidade hídrica (100% da água disponível) e com redução de disponibilidade hídrica (80, 60 e 40% da água disponível) no solo. Quando os níveis de 80, 60 e 40% foram atingidos, realizou-se a reposição da água para que o solo mantivesse com o nível de 100% da água disponível até o final do experimento. A reposição de água foi controlada através de pesagens diária dos vasos, utilizando balança com precisão de 10g.

A manutenção, redução da disponibilidade hídrica no solo e a respectiva reposição é ilustrada pela Figura 7.

Figura 7 – Esquema ilustrativo do déficit hídrico e reposição de água até 100% (capacidade de campo).



Legenda:

- 100% da água disponível;
- 80% da água disponível;
- 60% da água disponível;
- 40% da água disponível.

4.6 AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DAS PLANTAS

No final do experimento, em todas as plantas, avaliou-se a área foliar e a massa seca de folhas, caule e raízes. Para a determinação da área foliar (AF), utilizou-se um medidor de área foliar modelo LI-3100 (LI-COR) e a massa seca foi obtida após a secagem das folhas, caule e raízes que foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa de circulação forçada a uma temperatura de 72 °C até a massa constante.

A partir dos dados de massa seca de folhas, caule e raízes, calcularam-se massa seca total (MST em g) e as respectivas frações, área foliar específica (AFE em $\text{cm}^{-2} \text{g}^{-1}$) e eficiência do uso da água de produtividade (EUAp em g L^{-1}) segundo Floss (2008).

4.7 AVALIAÇÃO DAS TROCAS GASOSAS

As trocas gasosas foram realizadas quando a água no solo atingiu os níveis 100%, 80% e 60% de água disponível. Foram determinadas a taxa fotossintética líquida (A), a taxa de transpiração (E), a condutância estomática (g_s), a relação entre a concentração interna e ambiente de CO_2 (C_i) com C_a ($400 \mu mol CO_2 m^{-2} s^{-1}$), em folhas saudáveis e totalmente expandidas da parte aérea, utilizando um analisador de gás por infravermelho portátil (IRGA, Li-Cor, Modelo LI-6400 XT), e fonte luminosa fixa em $1.500 \mu mol m^{-2} s^{-1}$ de intensidade de radiação fotossinteticamente ativa. As medições foram realizadas no período entre as 9:00 e 11:00 horas.

Não houve avaliação das trocas gasosas no nível de 40% da água disponível por falta de folhas devido à abscisão das mesmas e a consequente senescência.

4.8 DETERMINAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE CLOROFILA E DE CAROTENÓIDES

Foram coletados nos níveis 100%, 80% e 60% da água disponível, 10 discos foliares de 10 mm de diâmetro, retirados de folhas do terço superior das plantas em cada um dos tratamentos. As folhas quando retiradas das plantas foram alocadas em sacos de papel alumínio identificados conforme o tratamento, estes foram imediatamente acondicionados em caixas de isopor e posteriormente alocadas em freezer até a análise. Porém, não foi feita a coleta das amostras no nível de 40% da água disponível devido a senescência.

Os pigmentos, clorofila *a*, clorofila *b* e carotenoides, foram extraídos de 80 mg de folha macerada em acetona a 80% e suas concentrações foram determinadas pela absorbância dos extratos em diferentes comprimentos de ondas (470 nm, 646,8 nm e 663,2 nm), em um espectrofotômetro ultravioleta – visível (UV-Vis). Com os valores obtidos foram calculados os teores de cada pigmento de acordo com Lichtenthaler (1987), utilizando-se as equações:

$$\text{Clorofila } a = 12,25 A_{663,2} - 2,79 A_{646,8}$$

$$\text{Clorofila } b = 21,50 A_{646,8} - 5,10 A_{663,2}$$

$$\text{Clorofilas totais} = 7,15 A_{663,2} + 18,17 A_{646,8}$$

$$\text{Carotenóides}_{(\text{xantofilas}+\text{carotenos})} = (1000 A_{470} - 1,82 Ca - 85,02 Cb)/198$$

4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativos foram comparados através do modelo de regressão por meio de teste de identidade de modelos, de acordo com Chow (1960) para as variáveis de crescimento. Para as trocas gasosas e pigmentos fotossintéticos, foi realizado teste de Tukey ($P \leq 0,05$) usando *software* SISVAR 5.1 de Furtado (2011).

5 RESULTADOS

No geral, todas as variáveis analisadas obtiveram interação significativa, todavia, o fator disponibilidade hídrica no solo (DHS) teve maior variação em relação ao fator demanda atmosférica (DA) (Tabela 3).

Para variáveis de crescimento, foi observado que massa seca radicular (MSR), área foliar específica (AFE), fração da massa foliar (FMF), fração da massa radicular (FMR), fração da massa da parte aérea (FMPA), razão de área foliar (RAF), massa seca radicular/massa seca da parte aérea (MSR/MSPA) e consumo da água (CA) foram influenciadas pela disponibilidade hídrica no solo enquanto que a demanda atmosférica influenciou as variáveis MST, MSPA, AF e EUA. Contudo o fator demanda atmosférica explica em maior proporção as principais variáveis de crescimento (MTS e AF) (Tabela 3).

Quanto às trocas gasosas, o fator disponibilidade hídrica no solo influenciou as variáveis taxa fotossintética líquida (A), condutância estomática (g_s) concentração interna de CO_2 (C_i) e transpiração (E) comparativamente a demanda atmosférica (Tabela 3).

Para os pigmentos fotossintéticos, o fator demanda atmosférica influenciou a clorofila *a*, o mesmo resultado não foi observado para a clorofila *b*, clorofilas *a+b* e carotenóides que foram influenciados pelo fator disponibilidade hídrica no solo (Tabela 3).

Tabela 3 – Efeito dos fatores: demanda atmosférica ($n = 2$) e disponibilidade hídrica no solo ($n = 4$), e as interações entre esses fatores e as variáveis morfológicas: massa seca total (MST), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR), área foliar (AF), área foliar específica (AFE), fração de massa foliar (FMF), fração de massa radicular (FMR), fração de massa da parte aérea (FMPA), razão de área foliar (RAF), massa seca radicular por massa seca da parte aérea (MSR/MSPA), consumo de água (CA) e eficiência do uso da água de produtividade (EUAp) e fisiológicas: Taxa fotossintética líquida (A), condutância estomática (g_s), concentração interna de CO_2 (Ci), transpiração (E); Clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b), clorofila a+b (Cl a+b), carotenóides (Cart), clorofila a/b (Cl a/b) e clorofila a+b por carotenóides (Cl a+b/Cart) de plantas de *Millettia stuhlmannii*, de acordo com análise variância (ANOVA) de dois fatores.

	Variáveis	Fatores			R ²	CV (%)
		Demanda atmosférica (DA) (%)	Disponibilidade hídrica no solo (DHS) (%)	Interação (DAXDHS) (%)		
Crescimento	MST	89,63*	7,95*	2,13*	99,99	1,85
	MSPA	51,30*	41,56*	6,96*	99,95	2,76
	MSR	23,03*	67,71*	8,75*	98,45	2,92
	AF	60,39*	26,43*	13,18*	94,27	0,17
	AFE	0,25*	45,76*	49,41*	95,46	3,77
	FMF	31,36*	66,83*	1,18*	92,05	3,07
	FMR	12,05*	86,27*	1,38*	99,50	2,39
	FMPA	12,05*	86,27*	1,38*	99,50	1,98
	RAF	42,52*	45,50*	11,71*	89,55	2,03
	MSR/MSPA	10,75*	85,72*	2,75*	91,30	7,20
	CA	5,38*	94,29*	0,33*	99,00	0,10
	EUAp	90,23*	9,32*	0,09*	97,11	1,92
Trocas gasosas	A	3,00*	94,51*	0,45*		12,85
	g_s	7,04*	75,87*	14,16*		26,93
	Ci	3,08*	79,17*	17,75*		6,11
	E	4,32*	85,31*	1,75*		18,32

Continua...

Continuação.

Variáveis	Fatores		Interação (DAxDHS) (%)	R ²	CV (%)	
	Demanda atmosférica (DA) (%)	Disponibilidade hídrica no solo (DHS) (%)				
Pigmentos	Cl a	68,53*	29,92*	0,82*	99,16	1,76
	Cl b	11,51*	63,32*	1,84*	99,68	5,73
	Cl a+b	34,14*	61,58*	2,34*	96,75	4,08
	Cart	4,85*	56,36*	10,98*	91,24	6,85
	Cl a/b	75,92*	1,31 ^{ns}	21,51*	97,34	7,09
	Cl a+b/Carot	58,55*	27,45*	2,97*	99,03	8,65

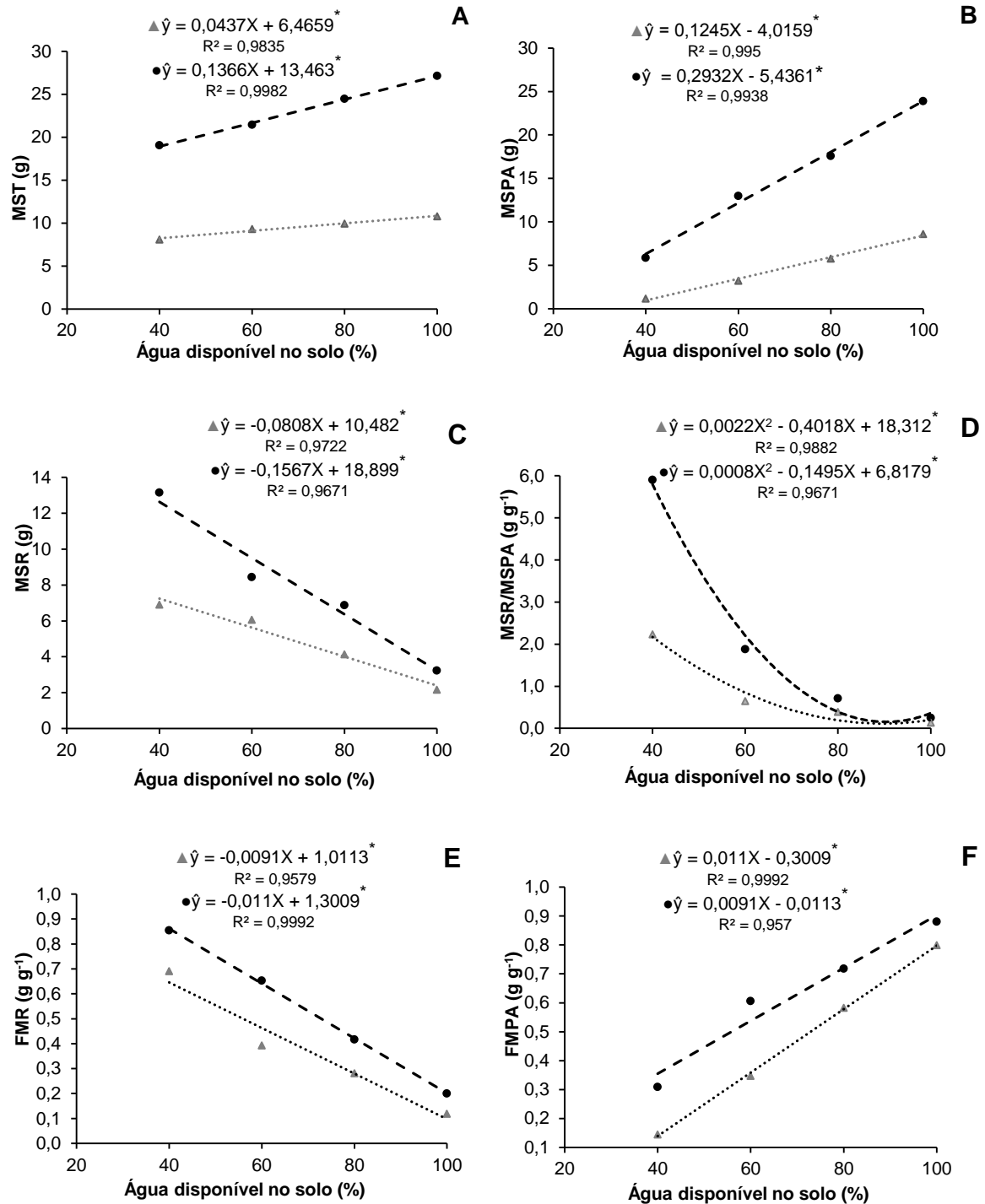
A proporção da variância explica (Soma de quadrados da variável/Soma de quadrados total) e o nível de significância, avaliado pelo teste*F ($P < 0,05$ e $^{ns}P > 0,05$) para cada fator e as interações são indicadas. A variabilidade dos dados em relação à média e representada pelo coeficiente de variação (CV) R^2 é a proporção da variância total explicada pelo modelo.

5.1 CRESCIMENTO DAS PLANTAS

A redução da disponibilidade hídrica no solo independente da demanda atmosférica, resultou em decréscimo da MST (Figura 8A) e da MSPA (Figura 8B), evidenciando a importância da água para o crescimento. Por outro lado, a menor disponibilidade hídrica no solo acarretou em aumento da MSR (Figura 8C) como estratégia do sistema radicular para expansão as camadas mais profundas com solos úmidos, fato que, conseqüentemente, provocou alterações na MSR/MSPA (Figura 8D), FMR (Figura 8E) e FMPA (Figura 8F), demonstrando investimentos diferenciados nos tecidos da planta em função da oferta de água.

Independente da disponibilidade hídrica no solo houve maior acúmulo da massa seca no microclima com alta demanda atmosférica comparativamente com o microclima com baixa demanda atmosférica em todas variáveis (Figura 8). Este fato pode ser comprovado pelo teste de identidade de modelos, ou seja, para cada variável ou fração estudada foi necessário ajustar modelos específicos para as duas condições de demanda atmosférica (Figura 8).

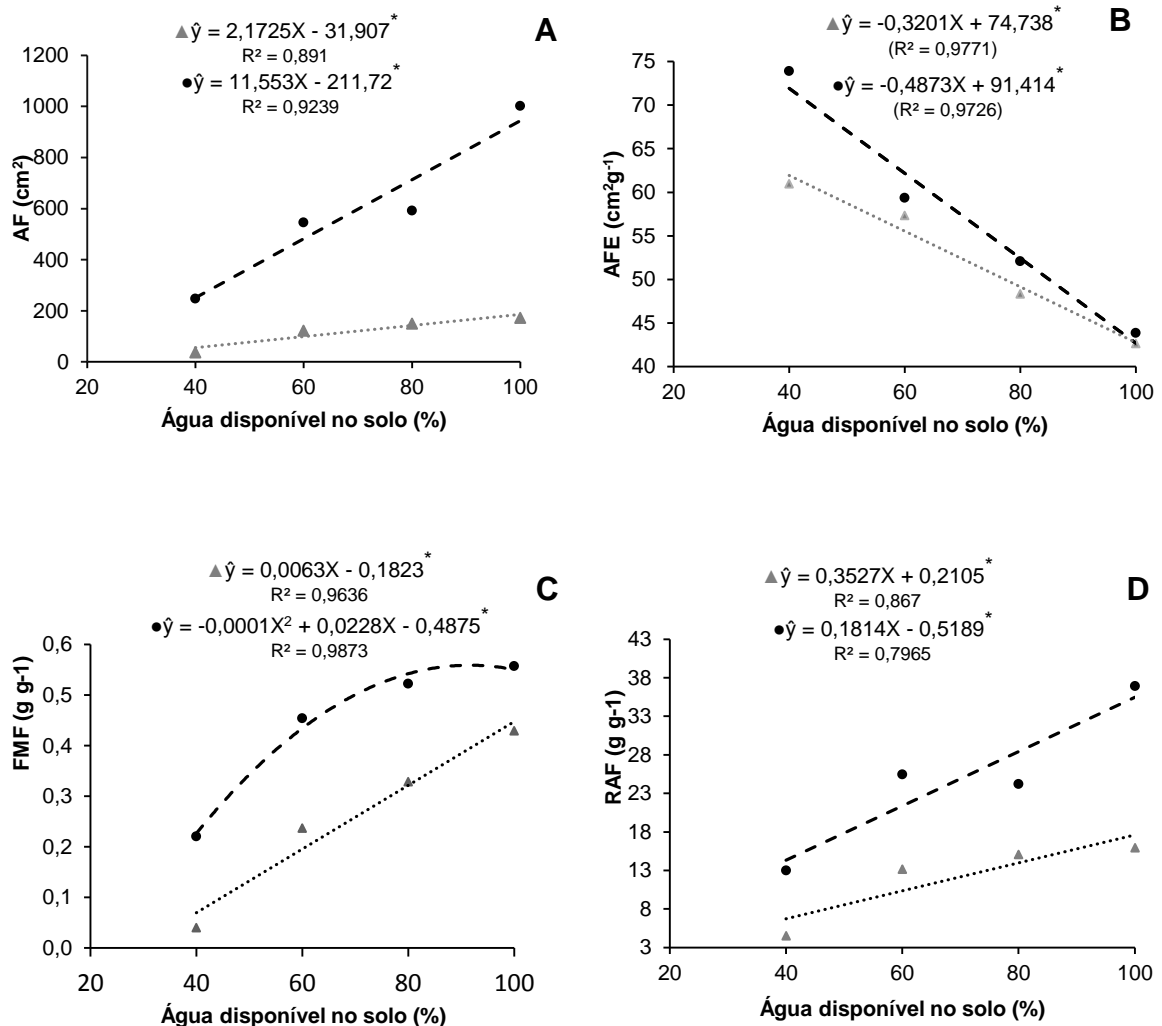
Figura 8 – Massa seca total (A), massa seca da parte aérea (B), massa seca radicular (C), massa seca radicular por massa seca da parte aérea (D), fração de massa radicular (E) e fração de massa da parte aérea (F) em plantas de *Milletia stuhlmannii*, em função da disponibilidade hídrica no solo e demandas atmosféricas.



▲ Baixa demanda atmosférica; ● Alta demanda atmosférica; * significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F.

O crescimento da área foliar tem relação direta com o processo fotossintético. Assim como observado para massa seca total, a redução da disponibilidade hídrica no solo, independente da demanda atmosférica, também diminuiu a área foliar (Figura 9A) e os coeficientes angulares dos modelos permitem concluir que o efeito foi mais drástico no microclima de alta demanda atmosférica. A redução da disponibilidade hídrica no solo também diminuiu a FMF (Figura 9C), RAF (Figura 9D) e aumentou a AFE (Figura 9B).

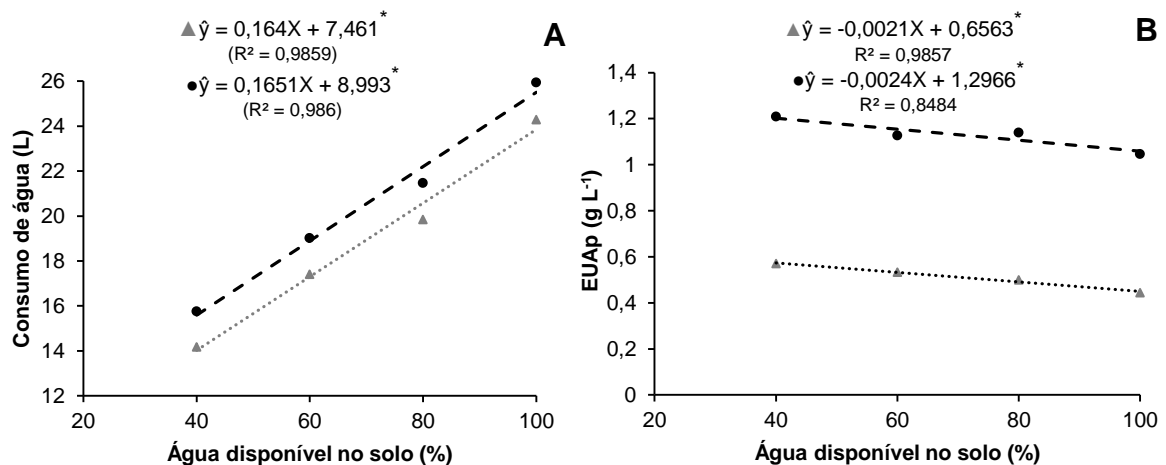
Figura 9 – Área foliar (A), área foliar específica (B), fração de massa foliar (C) e razão de área foliar (D) em mudas de *Millettia stuhlmannii* em função de disponibilidade hídrica no solo e demandas atmosféricas.



▲Baixa demanda atmosférica; ●Alta demanda atmosférica; * significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F.

Para o consumo da água, observou-se relação direta com a disponibilidade hídrica no solo independente da demanda atmosférica, visto que com a redução da água no solo, a planta consumiu menos água (Figura 10A). O contrário não foi verificado para a EUAp, devido a estratégia na economia de água adotada pela planta como abscisão e senescências das folhas e a consequente redução da perda da água pela transpiração (Figura 10B). No microclima de alta demanda atmosférica, houve maior consumo e eficiência do uso de água comparativamente ao microclima de baixa demanda atmosférica.

Figura 10 – Consumo da água (A) e Eficiência do uso da água de produtividade (B) em plantas de *Millettia stuhlmannii* em função de disponibilidade hídrica no solo e duas demandas atmosféricas.



▲ Baixa demanda atmosférica; ● Alta demanda atmosférica; * significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F.

5.2 TROCAS GASOSAS

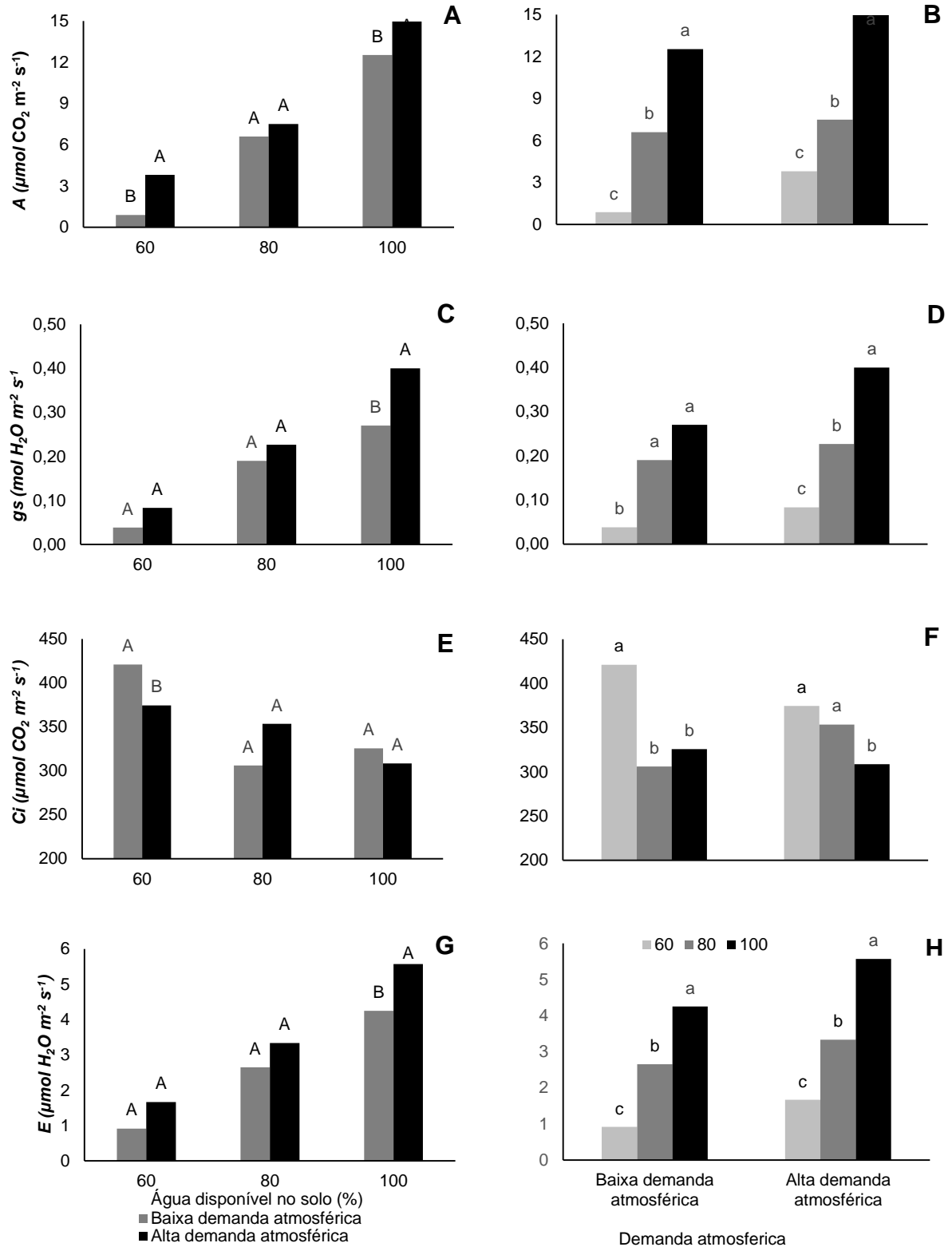
De acordo com as trocas gasosas, constatou-se que houve interação entre as demandas atmosféricas e as disponibilidades hídricas no solo (Tabela 3). Para a variável fotossíntese líquida (A) houve diferença entre as demandas atmosféricas nos níveis 60 e 100% da água disponível (Figura 11A) e entre os três níveis da água disponível foi verificada a diferença nas duas demandas atmosféricas (Figura 11B). Os valores da fotossíntese no nível de 60% da água disponível foram relativamente baixos devido a senescência foliar.

A condutância estomática (g_s) apresentou diferença entre as demandas atmosféricas no nível de 100% da água disponível (Figura 11C) e a diferença foi observada nos três níveis da água disponível somente alta demanda atmosférica (Figura 11D). Quanto a concentração interna de CO_2 (C_i) houve diferença na baixa demandas atmosférica (Figura 11E) e se registou diferença nos dois níveis da água disponível tanto na baixa como alta demanda atmosférica (Figura 11F).

Para a transpiração (E) houve entre as demandas atmosféricas no nível de 100% da água disponível (Figura 11G) e foi observada diferença entre os três níveis da água disponível na baixa e alta demanda atmosférica (Figura 11H).

A planta se aclimatou melhor no microclima de alta demanda atmosférica visto que apresentou os maiores valores de fotossíntese líquida, condutância estomática e transpiração, independente da disponibilidade hídrica no solo, quando comparada a baixa demanda atmosférica (Figura 11).

Figura 11 – Média das variáveis: fotossíntese líquida (**A**), condutância estomática (**g_s**), concentração interna de CO₂ (**C_i**) e transpiração (**E**) de *Millettia stuhlmannii*, em duas demandas atmosféricas e três disponibilidades hídricas no solo.



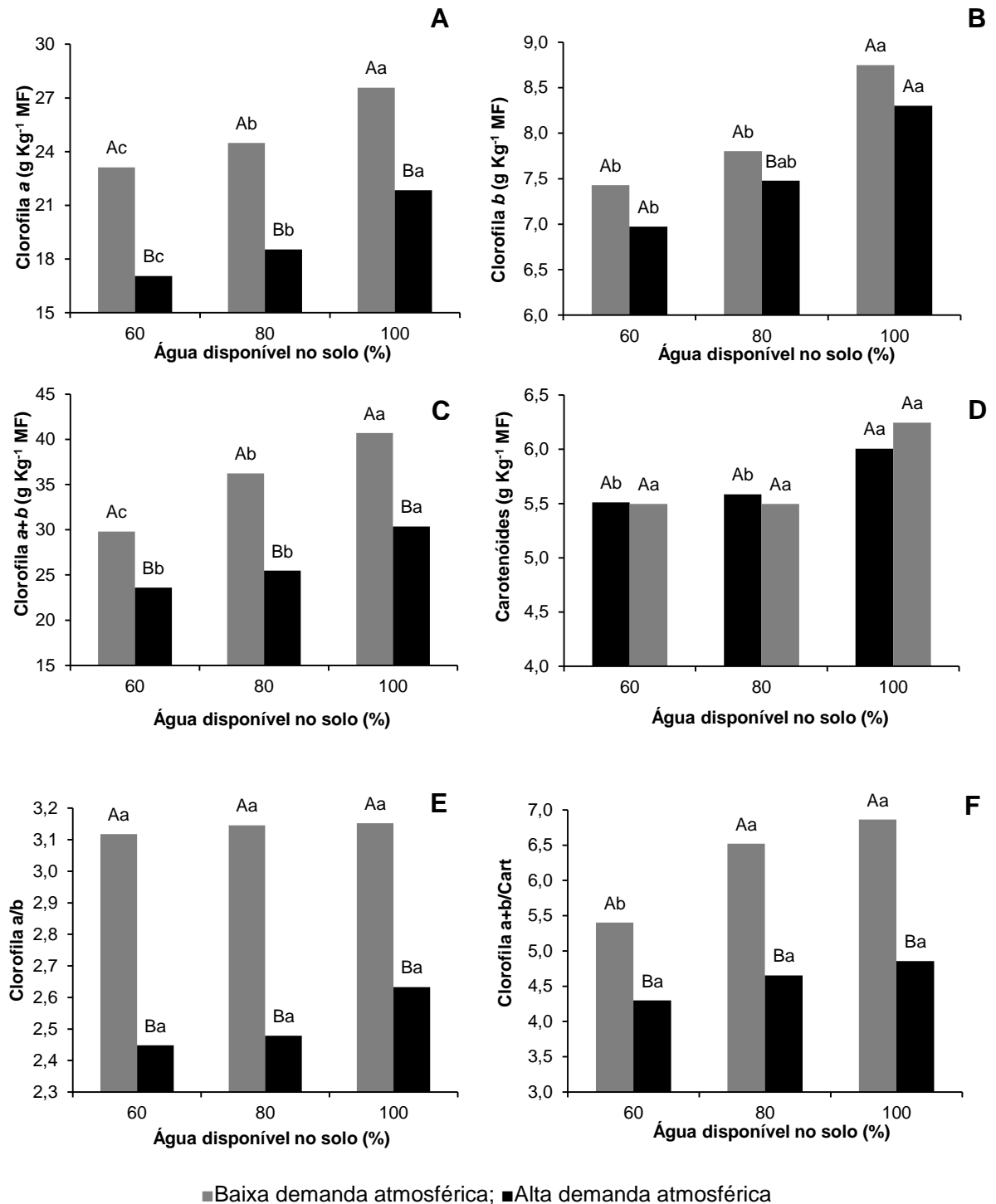
Para as mesmas variáveis, entre demandas atmosféricas, médias seguidas por uma mesma letra maiúscula não são significativamente diferentes entre um mesmo regime hídrico, e médias seguidas por uma mesma letra minúscula não são significativamente diferentes entre os regimes hídricos dentro de cada demanda atmosférica. As médias foram comparadas pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

5.3 CONCENTRAÇÃO DE PIGMENTOS

Os teores de clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila *a+b*, carotenóides, a relação clorofila *a/b* e clorofila *a+b*/carotenóides apresentaram redução significativa com a menor disponibilidade hídrica, independente da demanda atmosférica (Figura 12). Porém, houve diferença entre os três níveis da água disponível, para a clorofila *a* (Figura 12A) e não houve diferença entre os três regimes hídricos para a relação clorofila *a/b* (Figura 12E).

A baixa demanda atmosférica apresentou valores maiores de clorofila e as respectivas relações comparativamente a alta demanda atmosférica independente da água disponível no solo (Figuras 12 A, B, C, E e F), exceto os carotenóides apresentaram maiores valores no microclima de alta demanda atmosférica (Figura 12D).

Figura 12 – Teores de clorofila *a* (A), clorofila *b* (B), clorofila *a+b* (C), carotenóides (D), clorofila *a/b* (E) e clorofila *a+b*/Carot (F) em plantas de *Millettia stuhlmannii* em função da disponibilidade hídrica no solo e demandas atmosféricas.



Para as mesmas variáveis, entre demandas atmosféricas, médias seguidas por uma mesma letra maiúscula não são significativamente diferentes entre um mesmo regime hídrico, e médias seguidas por uma mesma letra minúscula não são significativamente diferentes entre os regimes hídricos dentro de cada demanda atmosférica. As médias foram comparadas pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

6 DISCUSSÃO

As demandas atmosféricas, associados às diferentes disponibilidades hídricas no solo condicionaram diferentes respostas de crescimento das plantas, sendo possível inferir sobre um padrão de tolerância e susceptibilidade à espécie estudada. De modo geral, as plantas crescendo em microclima de alta demanda atmosférica apresentaram valores de massa seca significativamente superiores quando comparadas com as crescendo no microclima de baixa demanda atmosférica.

O menor acúmulo de massa seca observado pela redução da disponibilidade hídrica no solo, independente da demanda atmosférica, pode ter sido ocasionado pela diminuição da turgescência, diminuição da extensão celular e como consequência o menor acúmulo da massa seca total. Porém, a demanda evaporativa da atmosfera condicionou o acúmulo da massa seca entre os microclimas, resultado condicionado a excessiva saturação de água na atmosfera, reduzindo assim, o gradiente de fluxo de água entre o solo e a atmosfera necessário ao estabelecimento do crescimento vegetal no microclima de baixa demanda atmosférica.

A redução no crescimento foi em torno de 25% em baixa demanda e 30% em alta demanda atmosférica. Desta forma, a espécie apresenta uma maior sensibilidade ao déficit hídrico, independente do microclima.

Alguns estudos com espécies florestais corroboram com os resultados encontrados, reforçando o efeito da redução da disponibilidade hídrica no solo na redução da massa seca total (RAO, KAUR e TEWARI, 2008). Por outro lado, a diminuição da massa seca total em espécies de florestas tropicais sob baixa ou alta demanda evaporativa da atmosfera devido à alta sensibilidade da demanda atmosférica as trocas gasosas (CUNNINGHAM, 2004; 2005 e RUIZ et al., 2013).

O crescimento da área foliar foi influenciada pela redução da disponibilidade hídrica, como resultado da diminuição da divisão e expansão celular, pois o incremento em área foliar é um fator significativo no crescimento vegetal, uma vez que a folha é o órgão responsável pela fotossíntese. Quanto maior a área foliar, maior será a interceptação da radiação solar pela planta, e, portanto, maior será a

capacidade de realizar fotossíntese, o que conseqüentemente irá favorecer o incremento em matéria seca (Larcher, 2004).

Liu e Stützel (2002) ao estudarem a espécie *Amaranthus* spp mostraram que houve redução da área foliar em plantas sob déficit hídrico. Silva et al. (2004) afirmaram que houve diminuição da área foliar com a redução da disponibilidade hídrica no solo em dois de *E. globulus*.

O fechamento dos estômatos é a primeira estratégia de defesa da planta para enfrentar a redução da disponibilidade hídrica no solo, pois este mecanismo restringe a perda de água por meio da transpiração. Porém, as trocas gasosas foram afetadas visto que os valores diminuíram, independente da demanda atmosférica. Por outro lado, a redução da disponibilidade hídrica no solo resulta em área foliar menor, diminui a interceptação da radiação solar pela planta, e, portanto, reduz a capacidade de realizar as trocas gasosas, o que conseqüentemente irá diminuir a fotossíntese líquida, condutância estomática e transpiração.

A diferença nos valores das trocas gasosas entre os microclimas foi condicionado a excessiva saturação de água no microclima de baixa demanda atmosférica, reduzindo assim, o gradiente de fluxo da água entre o solo e a atmosfera necessário a maior abertura dos estômatos.

Johnson e Ferrel (1983) observaram que a resposta dos estômatos a demanda evaporativa da atmosfera pode ser reduzida em solos com menor disponibilidade hídrica quando comparados a solos com maior demanda evaporativa da atmosfera e disponibilidade hídrica no solo. A disponibilidade hídrica no solo e demanda evaporativa da atmosfera são as principais variáveis ambientais que afetam redução de g_s , e conseqüentemente ao decréscimo em A (Gong et al., 2011).

Mafakheri et al. (2010) ao estudarem o efeito de déficit hídrico em plantas de *Chickpea* sp mostrou que as plantas apresentavam menores valores de fotossíntese líquida, condutância estomática e transpiração. Fletcher et al. (2007) observaram o aumento da transpiração em plantas de soja submetidas a demanda evaporativa da atmosfera alto.

A diminuição nos teores de pigmentos fotossintéticos foi afetada com a redução na disponibilidade hídrica do solo independente da demanda atmosférica. Contudo, a diminuição dos teores dos pigmentos pode ter sido causado pela degradação dos pigmentos ou devido a diminuição da síntese de clorofila (MONTAGU e WOO, 1999).

Os maiores valores de teores de pigmentos fotossintéticos observados no microclima de baixa demanda atmosférica comparativamente ao microclima de alta demanda atmosférica, pode ser ocasionado pela maior concentração dos teores de clorofila como resultado da diminuição da área foliar.

Alguns autores têm sugerido que a diminuição do teor de pigmentos fotossintéticos em plantas sob déficit hídrico poderia estar relacionada com a foto-oxidação do pigmento por causa do excesso de energia absorvida (POWLES 1984; KRAUSE 1988; MONTAGU e WOO, 1999).

Rong-Hual et al. (2006) estudando avaliação do efeito da seca nas características fotossintéticas em híbrido de arroz e no conteúdo de clorofila sob déficit hídrico, observaram que houve diminuição da concentração de pigmentos fotossintéticos com a redução da disponibilidade hídrica no solo.

7 CONCLUSÕES

A redução da disponibilidade hídrica no solo alterou o crescimento da espécie, pois, diminuiu a massa seca total no entanto em valores diferentes em função da demanda atmosférica.

A espécie apresentou maior crescimento em alta demanda atmosférica, pois, o microclima foi semelhante ao tropical onde ocorre naturalmente.

As trocas gasosas foram influenciadas pela redução disponibilidade hídrica no solo em função da alta demanda atmosférica.

A concentração dos pigmentos fotossintéticos diminuiu com a redução da disponibilidade hídrica no solo, em função da demanda atmosférica.

8 REFERÊNCIAS

- ADAMS, H. D.; GUARDIOLA, C. M.; BARRON, G. G. A.; VILLEGAS, J. C.; BRESHEARS, D. D.; ZOU, C. B.; HUXMAN, T. E. Temperature sensitivity of drought-induced tree mortality portends increased regional die-off under global-change-type drought, **Environmental sciences**, USA; v. 106, n. 7, p. 7063-7066, apr. 2009.
- AROCA, R.; IRIGOYEN, J. J.; DÍAZ, M. S. Drought enhances maize chilling tolerance. II. Photosynthetic traits and protective mechanisms against oxidative stress, **Physiologia plantarum**, s.l.; v. 117, p. 540-549, 2003.
- ATKIN, O. K.; TJOELKER, M. G. Thermal acclimation and the dynamic response of plant respiration to temperature, **Trends in Plant Science**, s.l.; v. 8, n. 7, p. 343-351, jul. 2003.
- BAGUEDANO, F. J.; CASTILLO, F. J. Comparative ecophysiological effects of drought on seedlings of the Mediterranean water-saver *Pinus halepensis* and water-spenders *Quercus coccifera* and *Quercus ilex*, **Trees**, s.l.; v. 20, p. 689-700, sep. 2006.
- BOUSSADIA, O.; MARIEM, F. B.; MECHRI, B.; BOUSSETA, W.; BRAHAM, M.; HADJ, S. B. Response to drought of two olive tree cultivars (cv Koroneki and Meski), **Scientia Horticulturae**, s.l.; v. 116, p. 388-393, feb. 2008.
- BROADMEADOW, M. S. J.; RAY, D.; SAMUEL, C. J. A. **Climate change and the future for broadleaved tree species in Britain**. 2005. p. 145-62.
- BUCKERIDGE, M. S.; AIDAR, M. P. M.; MARTINEZ, C. A.; SILVA, E. A. **Respostas de plantas às mudanças climáticas globais**. In: *Biologia das mudanças climáticas no Brasil* (M.S. Buckeridge, org.). Ed. Rima, São Carlos, 2008^a. p. 77-92.
- BUNSTER, J. **Commercial timbers of Mozambique**. 2nd ed. Maputo, 2006. 62 p.
- CANDY, I.; SCHREVE, D. C. Land-sea correlation of Middle Pleistocene temperate sub-stages using high-precision uranium-series dating of tufa deposits from southern England, **Quaternary Science**, England; v. 26, p. 1223-1235, 2008.
- CENTURION, J.F.; ANDREOLI, I. Regime hídrico de alguns solos de Jaboticabal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa; v. 24, p. 701-709, 2000.
- CHEN, J-W.; ZHANG, Q.; LI, X-S.; CAO, K-F. Gas exchange and hydraulics in seedlings of *Hevea brasiliensis* during water stress and recovery, **Tree Physiology**, s.l.; v. 30, p. 876-885, jun. 2010.
- CHOW, G. C. Tests of equality between sets of coefficients in two linear regressions. **Econometrica**, Chicago; v. 28, p. 591-605, 1960.

CODARIN, S., GALOPIN, G., CHASSERIAUX, G. Effect of air humidity on the growth and morphology of *Hydrangea macrophylla*, **L. Sci. Hortic.**, Amsterdam; v. 108, p. 303–309, 2006.

CUNNINGHAM, S. C. Photosynthetic responses to vapour pressure deficit in temperate and tropical evergreen rainforest trees of Australia. **Oecologia**, v. 142, p. 521–528, 2005.

CUNNINGHAM, S. C. Stomatal sensitivity to vapour pressure deficit of temperate and tropical evergreen rainforest trees of Australia, **Trees - Struct. Funct.** v. 18, p. 399–407, 2004.

CUSHMAN, P. Toward a historically situated psychology, **American psychologist**, v. 45, n. 5, p. 599-611, 1990.

DIAS, P. C.; ARAUJO, W. L.; MORAES, G. A. B. K.; BARROS, R. S.; MATTA, F. M. Morphological and physiological responses of two coffee progenies to soil water availability, **Journal of Plant Physiology**, Minas Gerais; v. 164, p. 1639-1647, 2008.

DIREÇÃO NACIONAL DE FLORESTAS. **Relatorio estatístico anuais de 2012**. Maputo-Moçambique, 2013.

DUAN, H.; AMTHOR, J. S.; DUURSMA, R. A.; O'GRADY, A. P.; CHOAT, B.; TISSUE, D. T. Carbon dynamics of eucalypt seedlings exposed to progressive drought in elevated [CO₂] and elevated temperature, **Tree Physiology**, Oxford; v. 33, n. 8, p. 779-792, jul. 2013.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FLETCHER, A.L.; SINCLAIR, T.R.; ALLEN JUNIOR, L.H. Transpiration responses to vapor pressure deficit in well watered 'slow-wilting' and commercial soybean, **Environmental and Experimental Botany**, v. 61, p. 145-151, 2007.

FLEXAS, J.; BOTA, J.; ESCALONA, J. M.; SAMPOL, B.; MEDRANO, H. Effects of drought on photosynthesis in grapevines under field conditions: an evaluation of stomatal and mesophyll limitations. **Functional Plant Biology**, v. 29, p. 461-471, 2004.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**: o estudo do que está por trás do que se vê. 4. ed. atualiz. ampl. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2008. 733 p.

GALLE´, A.; FLOREZ-SARASA, I.; TOMA´ S. M.; POU, A.; MEDRANO, H.; RIBAS-CARBO, M.; FLEXAS, J. The role of mesophyll conductance during water stress and recovery in tobacco (*Nicotiana sylvestris*): acclimation or limitation? **Journal of Experimental Botany**, v. 60, p. 2379–2390, 2009.

GENUCHTEN, M. T. A. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils, **Soil Sci**, v. 44, p. 892-897, 1980.

GHIURGHI, A.; DONDEYNE, S.; BANNERMAN, J. Chimanimani National Reserve: Management Plan. Agriconsulting SpA, **African journal of ecology**, Roma; v. 4, 2010.

GHOLIPOOR, M.; VARA PRASAD, P.V.; MUTAVA, R.N.; SINCLAIR, T.R. Genetic variability of transpiration response to vapor pressure deficit among sorghum genotypes, **Field Crops Research**, v.119, p.85-90, 2010.

GONG, C. M.; BAI, J.; DENG, J. M.; WANG, G. X.; LIU, X. P. Leaf anatomy and photosynthetic carbon metabolic characteristics in *Phragmites communis* in different soil water availability, **Plant Ecol.**, v. 212 n. 4, p. 675–687, 2011.

GULÍAS, J.; FLEXAS, J.; ABADÍAS, A.; MEDRANO, H. Photosynthetic responses to water deficit in six Mediterranean sclerophyll species: possible factors explaining the declining distribution of *Rhamnus ludovici-salvatoris*, an endemic Balearic species, **Tree Physiology**, Victoria; v. 22, p. 687-697, jun. 2002.

HONGUANE, A. M. Perfil Diagnóstico da Zona Costeira de Moçambique, **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 7, n. 1, p. 69-82, 2007.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2013 – The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC**. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2013.
JOHN, B.; ZHANGUO, X. Temperature sensing and cold acclimation, **Plant Biology**, s.l.; v.4, n. 3, p. 241-2146, jun. 2001.

JOHNSON, J. D.; FERRELL, W. K. Stomatal response to vapour pressure deficit and the effect of plant water stress. **Plant, Cell and Environment**, v. 6, n. 3 p. 451-456, 1983.

KLIEJUNAS J. T; GEILS B; GLAESER J. M; GOHEEN, E. M.; HENNON, P.; KIM, M. S.; KOPE, H.; STONE, J.; STURROCK, R.; FRANKEL, S. J. **Review of literature on climate change and forest diseases of Western North America**. Albany, CA, USA: US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, 2009.

KRAUSE, G. H. Photoinhibition of photosynthesis. An evaluation of damaging and protective mechanisms, **Physiol Plantarum**, v. 74, p. 566– 574. 1988.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima; 2004. 445p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos. Rima, 2000. 533p.

LAWLOR D. W.; CORNIR, G. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants, **Plant, Cell and Environment**, v. 25, p. 275–294, 2002.

LEI, Y.; YIN, C.; LI, C. Differences in some morphological, physiological, and biochemical responses to drought stress in two contrasting populations of *Populus przewalskii*, **Physiologia Plantarum**, s.l.; v. 127, p. 182-191, 2006.

LEUSCHNER, C. Air humidity as an ecological factor for woodland herbs: leaf water status, nutrient uptake, leaf anatomy, and productivity of eight species grown at low or high vpd levels, **Flora**, v. 197, p. 262–274, 2002.

LIU, F.; STÝTZEL, H. Leaf water relations of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) in response to soil drying, **European Journal of Agronomy**, Hannoer; v. 16, p. 137-150, 2002.

LOPEZ R.; RODRIGUEZ-CALCERRADA J.; GIL L. Physiological and morphological response to water deficit in seedlings of five proveniences of *Pinus canariensis*: potential to detect variation in drought-tolerance, **Trees**, s.l.; v. 23, n. 3, p. 509–519, jun. 2009.

LOUPPE, D.; OTENG-AMOAKO, A. A.; BRINK, M. **Timbers** 1. 792p. 2008.

LUSA, D. D. Portucel inaugura em Moçambique o maior viveiro de plantas de África. **Dinheiro digital**, Lisboa, 08 set. 2015.

MAFAKHERI, A.; SIOSEMARDEH, A.; BAHRAMNEJAD, B.; STRUIK, P. C.; SOHRABI, E. Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars, **Australian journal of crop science**, Australia; v. 4, n. 8, p. 580-585, 2010.

MAROCO, J. P.; RODRIGUES, M. L.; LOPES, C.; CHAVES, M. M. Limitations to leaf photosynthesis in field-grown grapevine under drought — metabolic and modelling approaches, **Functional Plant Biology**, s.l.; v. 29, p. 451-459, 2002.

MARZOLI, A. **Inventário florestal nacional**. Maputo, 2007.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Regulamento da lei de florestas e fauna bravia**. Decreto 12/2002. Maputo-Moçambique, 2002.

MONTAGU, K. D.; WOO, K. C. Recovery of tree photosynthetic capacity from seasonal drought in the wet-dry tropics: The role of phyllode and canopy processes in *Acacia auriculiformis*, **Plant physiology**, s.l.; v. 26, p. 135-145, 1999.

MÜLLER, T.; SITEO, A.; MABUNDA, R. **Assessment of the Forest Reserves Network in Mozambique**, WWF, Maputo, 2005 47p. Disponível em: <<http://www.worldwildlife.org>>. Acesso em 10 set. 2015.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification, **Hydrology and Earth System Sciences**, s.l.; v. 11, p. 1633–1644, oct. 2007.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: ed. Agropecuária, 2002. p. 247-267.

- POWLES, S. B. Photoinhibition of photosynthesis induced by visible Light, **Ann Rev Plant Physio**, v. 35, p. 15–44, 1984.
- PUERTOLAS, J.; PARDOS, M.; JIMENEZ, M. D.; ARANDA, L.; PARDOS, J. A. Interactive responses of *Quercus suber* L. seedlings to light and mild water stress: effects on morphology and gas exchange traits, **Annals of Forest Science**, Germany; v. 65, n. 6, p. 611-621, apr. 2008.
- RAO, P. B.; KAUR, A.; TEWARI, A. Drought resistance in seedlings of five important tree species in Tarai region of Uttarakhand. **Tropical Ecology**, s.l.; v. 49, n. 1, p. 43-52, 2008.
- ROBERTS, J. J., ZWIAZEK, J. J. Growth, morphology, and gas exchange in white spruce (*Picea glauca*) seedlings acclimated to different humidity conditions, **Can. J. For**, v. 31, p. 1038–1045, 2001.
- RONG-HUAL, LI.; PEI-POL, G.; BAUMZ, M.; GRAND, S.; CECCARELLI, S. Evaluation of Chlorophyll Content and Fluorescence Parameters as Indicators of Drought Tolerance in Barley, **Agricultural Sciences in China**, s.l.; v. 5, n. 10, p. 751-757, oct. 2006.
- ROOS, J.; HOPKINS, R.; KVARNHEDEN, A.; DIXELIUS, C. The impact of global warming on plant diseases and insect vectors in Sweden. **European Journal of Plant Pathology**, s.l.; v. 129, n. 1, 2011. p. 9-19.
- SILVA, C. F.; SHVALEVA, A.; MAROCO, J. P.; ALMEIDA, M. H.; CHAVES, M. M.; PEREIRA, J. S. Responses to water stress in two *Eucalyptus globulus* clones differing in drought tolerance, **Tree Physiology**, Victoria; v. 24, p. 1165-1172, aug. 2004.
- SINCLAIR, T.R.; ZWIENIECKI, M.A.; HOLBROOK, N.M. Low leaf hydraulic conductance associated with drought tolerance in soybean, **Physiologia Plantarum**, v. 132, p. 446-451, 2008.
- SLOT, M.; POORTER, L. Diversity of Tropical Tree Seedling Responses to Drought, **BIOTROPICA**, s.l.; v. 39, n. 6, p. 683-690, 2007.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: ARTMED, 2013. 918p.
- WALTHER, G. R.; POST, E.; CONVEY, P.; MENZEL, A.; PARMESAN, C.; BEEBEE, T.J.; FROMENTIN J. M.; HOEGH-GULDBERG, O.; BAIRLEIN, F. **Ecological responses to recent climate**. 2002. p. 389-395.
- WHERLEY, B.G.; SINCLAIR, T.R. Differential sensitivity of C3 and C4 turfgrass species to increasing atmospheric vapor pressure deficit, **Environmental and Experimental Botany**, v. 67, p. 372-376, 2009.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Tabela 6 – Análise de variância (ANOVA) de massa seca total (MST) para teste de identidade de modelo

FV	GL	SQ	QM	F	p
PAR(C)	4	3881,18			
PAR(R)	2	3508,06			
R(Ho)	2	373,12	186,56	5734,15	0,0
Resíduo	4	0,13	0,03		
Total	8	3881,31			

APÊNDICE B

Tabela 7 – Análise de variância (ANOVA) de massa seca da parte aérea (MSPA) para teste de identidade de modelo

FV	GL	SQ	QM	F	p
PAR(C)	4	1604,70			
PAR(R)	2	1360,30			
R(Ho)	2	244,40	122,20	396,11	0,0
Resíduo	4	1,23	0,31		
Total	8	1605,93			

APÊNDICE C

Tabela 8 – Análise de variância (ANOVA) de massa seca radicular (MSR) para teste de identidade de modelo

FV	GL	SQ	QM	F	p
PAR(C)	4	682,65			
PAR(R)	2	657,56			
R(Ho)	2	25,09	12,54	24,57	0,0057
Resíduo	4	2,04	0,51		
Total	8	684,69			

APÊNDICE D

Tabela 9 – Análise de variância (ANOVA) de área foliar (AF) para teste de identidade de modelo

FV	GL	SQ	QM	F	p
PAR(C)	4	2379445,16			
PAR(R)	2	1834749,43			
R(Ho)	2	544695,73	272347,86	47,04	0,0017
Resíduo	4	23157,84	5789,46		
Total	8	2402603,00			

APÊNDICE E

Tabela 10 – Análise de variância (ANOVA) de área foliar específica (AFE) para teste de identidade de modelo

FV	GL	SQ	QM	F	p
PAR(C)	4	27178,4			
PAR(R)	2	26904,58			
R(Ho)	2	273,8183	136,9091	3,01	0,1591
Resíduo	4	181,7134	45,4283		
Total	8	27360,11			

APÊNDICE F

Tabela 11 – Análise de variância (ANOVA) de fração de massa foliar (FMF) para teste de identidade de modelo

FV	GL	SQ	QM	F	p
PAR(C)	4	1,10			
PAR(R)	2	1,06			
R(Ho)	2	0,04	0,0195	9,97	0,0279
Resíduo	4	0,01	0,002		
Total	8	1,11			

APÊNDICE G

Tabela 12 – Análise de variância (ANOVA) de fração de massa radicular (FMR) para teste de identidade de modelo

FV	GL	SQ	QM	F	p
PAR(C)	4	1,90			
PAR(R)	2	1,87			
R(Ho)	2	0,03	0,0161	14,00	0,0156
Resíduo	4	0,00	0,0012		
Total	8	1,90			

APÊNDICE H

Tabela 13 – Análise de variância (ANOVA) de fração de massa da parte aérea (FMPA) para teste de identidade de modelo

FV	GL	SQ	QM	F	p
PAR(C)	4	2,65			
PAR(R)	2	2,62			
R(Ho)	2	0,03	0,0161	14,00	0,0156
Resíduo	4	0,00	0,0012		
Total	8	2,66			

APÊNDICE I

Tabela 14 – Análise de variância (ANOVA) de razão de área foliar (RAF) para teste de identidade de modelo

FV	GL	SQ	QM	F	p
PAR(C)	4	3485,57			
PAR(R)	2	3277,70			
R(Ho)	2	207,88	103,938	12,64	0,0187
Resíduo	4	32,90	8,2242		
Total	8	3518,47			

APÊNDICE J

Tabela 15 – Análise de variância (ANOVA) de massa seca radicular/massa seca da parte aérea (MSR/MSPA) para teste de identidade de modelo

FV	GL	SQ	QM	F	p
PAR(C)	4	14,20			
PAR(R)	2	13,52			
R(Ho)	2	0,69	0,3430	3,30	0,1421
Resíduo	4	0,42	0,1038		
Total	8	14,62			