



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

ALCIDES PEREIRA SANTOS NETO

**CRESCIMENTO INICIAL DE MOGNO AFRICANO (*Khaya* spp.) SOB
DIFERENTES CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS ASSOCIADAS À
DEFICIÊNCIA HÍDRICA**

JERÔNIMO MONTEIRO - ES

2014

ALCIDES PEREIRA SANTOS NETO

**CRESCIMENTO INICIAL DE MOGNO AFRICANO (*Khaya* spp.) SOB
DIFERENTES CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS ASSOCIADAS À
DEFICIÊNCIA HÍDRICA**

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 Recursos Florestais.
Orientador: José Eduardo Macedo Pezzopane

JERÔNIMO MONTEIRO - ES
2014

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)

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

Santos Neto, Alcides Pereira, 1988-

S237c Crescimento inicial de mogno africano (*Khaya* spp.) sob diferentes condições microclimáticas associadas à deficiência hídrica / Alcides Pereira Santos Neto. – 2014.

64 f. : il.

Orientador: José Eduardo Macedo Pezzopane.

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

1. Ar - temperatura. 2. Avaliação morfológica. 3. Disponibilidade hídrica. 4. Ecofisiologia. 5. Mogno Africano. I. Pezzopane, José Eduardo Macedo. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. III. Título.

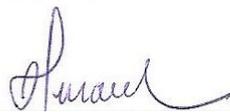
CDU: 630

**CRESCIMENTO INICIAL DE MOGNO AFRICANO (*Khaya spp.*) SOB
DIFERENTES CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS ASSOCIADAS À
DISPONIBILIDADE HÍDRICA**

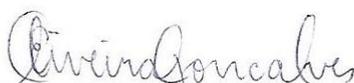
Alcides Pereira Santos Neto

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 31 de julho de 2014.



Prof. Dr. Rodrigo Sobreira Alexandre
UFES
Examinador Externo



Profª. Drª. Elizimar de Oliveira Gonçalves
UFES
Examinadora Interna



Prof. José Eduardo Macedo Pezzopane
UFES
Orientador

*“Teu amor, Deus, chega até os céus; a tua
fidelidade chega até as nuvens”.*

Salmos 36:5

AGRADECIMENTOS

A DEUS pelo presente da vida e constante cuidado.

Aos meus pais Guilherme e Elzimar e irmãs Angélica e Angela pelo incentivo durante toda a vida e apoio nas decisões.

A toda minha “família na fé” pelas orações.

Ao orientador José Eduardo Macedo Pezzopane pelos valores humanos e exemplo de profissionalismo.

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

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

Aos meus colegas de laboratório Talita, Sandy, Erilva, Siléia, Mariana, Daiani, Sandro, Marcilene, Elias, Salim, Rosi, Chaiane, Gabriel, Márcio, pelo importante auxílio e pela amizade.

Ao Instituto Brasileiro de Florestas - IBF, na pessoa do Sr. Solano Aquino, pelo apoio e entusiasmo com o mogno africano.

À Bayer, na pessoa do Sr. Theo Van Der Loo, pelo incentivo fundamental.

Aos novos amigos da Espanha pelo apoio e acolhida durante os últimos momentos do mestrado, em especial ao professor Miguel Angel, Juan Ramón, Manolo, Maricarmem, Israel, David e Lucía.

Aos professores Dr^a. Elzimar Gonçalves e Dr. Rodrigo Sobreira por aceitarem o convite de participação da banca examinadora.

Aos demais amigos, professores e funcionários do Departamento de Engenharia Florestal e da Madeira pelas “aventuras” ao longo dessa etapa.

A todos que contribuíram direta e indiretamente para a realização desta importante fase da minha vida.

MUITO OBRIGADO!

BIOGRAFIA

Alcides Pereira Santos Neto, filho de Guilherme Viana Lima e Elzimar Dias Pereira Lima, natural da cidade de Vitória da Conquista, Bahia, nasceu no dia 24 de novembro de 1988. Em 2006 concluiu o Ensino Médio no Centro Educacional de Seabra - BA. No ano de 2007 ingressou na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *campus* de Vitória da Conquista, onde se graduou em Engenharia Florestal em 2011. No primeiro semestre de 2012, na cidade de Piracicaba - SP, participou do Programa de Preparação de Gestores Florestais, promovido pelo Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais - IPEF. No segundo semestre de 2012 iniciou o mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais na Universidade Federal do Espírito Santo, durante o qual realizou estágio técnico-científico de três meses na Universidade de Córdoba, Espanha. Submete-se à defesa de dissertação em julho de 2014.

RESUMO

SANTOS NETO, Alcides Pereira. **CRESCIMENTO INICIAL DE MOGNO AFRICANO (*Khaya* spp.) SOB DIFERENTES CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS ASSOCIADAS À DEFICIÊNCIA HÍDRICA.** 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane.

O setor florestal brasileiro tem como desafio realizar plantios de novas espécies com potencial madeireiro, a fim de atender a crescente demanda por madeira de qualidade e oferecer alternativa ao uso ilegal de árvores nativas. Neste sentido, destacam-se espécies do gênero *Khaya*, popularmente conhecidas como mogno africano. No Brasil, as espécies mais cultivadas deste gênero são *Khaya ivorensis* A. Chev., *K. senegalensis* A. Juss. e *K. anthotheca* (Welw.) C. DC. No entanto, são poucos os estudos desenvolvidos com este gênero, existindo a necessidade de apontar as interações com o clima climáticas, gerando informações importantes para o sucesso na implantação de povoamentos com mogno africano. Diante disso, o presente estudo teve como objetivo comparar o crescimento de três diferentes espécies de mogno africano (*K. ivorensis*, *K. senegalensis* e *K. anthotheca*) submetidas a distintas condições microclimáticas e disponibilidade de água no substrato. O estudo foi realizado na área experimental do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo. As mudas foram plantadas em vasos de 12 litros, as quais ficaram alocados no interior de casa de vegetação climatizadas, com controle de temperatura, umidade do ar e água disponível no substrato. Aos 88 dias de experimentação avaliou-se a radiação fotossinteticamente ativa transmitida. O crescimento das plantas foi caracterizado ao final de 90 dias, através das medidas morfológicas: altura, diâmetro do colo, área foliar e massa seca das partições raiz, parte aérea e total, além da relação raiz/parte aérea. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 3X4X3 composto por três espécies (*K. anthotheca*, *K. ivorensis* e *K. senegalensis*),

quatro níveis de água disponível no solo (20, 40, 60 e 90% de água disponível inseridos em três condições microclimáticas de temperatura média e déficit de pressão de vapor (24,7 °C, 0,30 Kpa; 28,6 °C, 0,95 Kpa; 29,8 °C, 1,80 Kpa) com cinco repetições. A unidade amostral foi constituída de uma planta por vaso. Os valores foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para avaliar possíveis interações entre os fatores espécies e níveis de água para cada ambiente separadamente. Os resultados mostraram que as características de crescimento das espécies de mogno africano foram influenciadas de maneira distinta frente às modificações ambientais e disponibilidade de água no substrato. Sem restrição hídrica no solo, água próximo à capacidade de campo, a espécie *K. ivorensis* apresentou maior crescimento inicial nos microclimas estudados, no entanto, não diferiu de *K. senegalensis* no microclima de maior demanda atmosférica (maior temperatura e alto DPV). A restrição hídrica, água disponível abaixo de 40%, penalizou o crescimento inicial das espécies de *Khaya*, não havendo diferenças entre os mognos estudados.

Palavras-chave: avaliação morfológica; temperatura do ar; déficit de pressão de vapor; disponibilidade hídrica.

ABSTRACT

SANTOS NETO, Alcides Pereira. **INITIAL GROWTH OF MOGNO AFRICANO (*Khaya spp.*) UNDER DIFFERENT CONDITIONS MICROCLIMATIC ASSOCIATED WITH WATER STRESS.** 2014. Dissertation (Masters in Forest Science) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro - ES. Adviser: Prof. Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane.

The forest sector is challenged to perform plantations of new species with timber potential in order to meet the growing demand for quality wood and provide an alternative to illegal use of native trees. In this regard it is noteworthy species of the genus *Khaya*, popularly known as african mahogany. In Brazil, the most cultivated species in this genus are *Khaya ivorensis* A. Chev., *K. senegalensis* A. Juss. and *K. anthotheca* (Welw.) C. DC. However, few studies have been developed with this genre, there is a need to point climate preferences, generating important for the successful implementation of stands with african mahogany information. Thus, the present study aimed to compare the growth of three different species of African mahogany (*K. ivorensis*, *K. senegalensis* and *K. anthotheca*) subjected to different microclimatic conditions and water availability in the substrate. The study was conducted in the experimental area of the Department of Forest and Wood Sciences Center of Agricultural Sciences, Federal University of Espírito Santo. The seedlings were planted in pots of 12 l, which were allocated inside the house air-conditioned greenhouse with controlled temperature, humidity and available water in the substrate. After 88 days of trial evaluated the photosynthetically active radiation transmitted. Plant growth was characterized at the end of 90 days, through morphological measurements: height, stem diameter, leaf area and dry mass of the root partition, shoot and full part, and the ratio of root/shoot. Adopted a completely randomized design (CRD) in factorial 3X4X3 composed of three species (*K. anthotheca*, *K. senegalensis* and *K. ivorensis*), four levels of available soil water (20, 40, 60 and 90%), inserted in three microclimatic conditions (24,7 °C, 0,30 Kpa; 28,6 °C, 0,95 Kpa; 29,8 °C, 1,80 Kpa) with five replications. The sampling unit consisted of one plant per pot. Values were subjected to analysis of variance (ANOVA) to assess possible interactions between the factors species and water levels for each environment separately. The results showed that the growth characteristics of the species of african mahogany were influenced differently in the face of environmental changes and water availability in the substrate. Without water restriction in soil, water near field capacity, *K. ivorensis* species showed higher initial growth in microclimates studied, however, did not differ from *K. senegalensis* in the microclimate of higher atmospheric demand (higher temperature and high VPD). Fluid restriction,

available water below 40%, affected the early growth of species of *Khaya*, with no differences between the mahogany studied.

Keywords: morphological evaluation; air temperature; vapor pressure deficit; water availability.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. MOGNO AFRICANO (<i>Khaya spp.</i>).....	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 ÁREA DE ESTUDO E INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO	20
3.2 CARACTERIZAÇÃO MICROCLIMÁTICA.....	22
3.3 ÁGUA DISPONÍVEL E REPOSIÇÃO DE ÁGUA NO SUBSTRATO.....	24
3.4 CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO DAS PLANTAS.....	25
3.5 TRANSMISSÃO DA RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA.....	25
3.6 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISES ESTATÍSTICAS	26
4. RESULTADOS	27
4.1 AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO.....	27
Massa Seca Total	27
Massa Seca da Parte Aérea	31
Massa Seca Radicular	33
Relação Raiz/Parte Aérea	37
Área Foliar	40
Altura e Diâmetro.....	44
4.2 TRANSMISSÃO DA RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA.....	50
4.3 CONSUMO DE ÁGUA.....	53
5. DISCUSSÃO	55
6. CONCLUSÕES	61
7. REFERÊNCIAS	62

1. INTRODUÇÃO

As florestas oferecem produtos e serviços diversificados, contribuindo para o desenvolvimento econômico, ambiental e social em todo o mundo. No Brasil, o setor de florestas plantadas é representado em sua maioria por apenas dois gêneros, o *Eucalyptus* e o *Pinus* (ABRAF, 2013). Nesse cenário, surge o desafio de implantar povoamentos florestais com espécies de potencial econômico, atendendo uma demanda cada vez maior por madeira de elevada qualidade.

O gênero *Khaya*, composto por espécies conhecidas popularmente como mogno africano, vem despertando interesse do setor silvicultural nas últimas décadas. Trata-se de uma madeira de densidade moderada com alto valor econômico, além de apresentar facilidade na produção de mudas e crescimento inicial moderado (GASPAROTTO et al., 2001; GUIMARÃES et al., 2004; TEIXEIRA, 2011).

No Brasil, as espécies mais cultivadas desse gênero são *Khaya ivorensis* A. Chev., *K. senegalensis* A. Juss. e *K. anthotheca* (Welw.) C. DC., destacando as regiões Norte e Sudeste com as maiores áreas de plantio (PINHEIRO et al., 2011). Também se tem observado um crescente interesse dos produtores rurais brasileiros em implantar povoamentos de mogno africano, em virtude da alta projeção de rendimento econômico ao final do empreendimento florestal (CUNHA, 2010). Entretanto, a falta de estudos sobre o cultivo do gênero *Khaya* tem dificultado disponibilizar informações que podem servir como recomendações técnicas-científicas a ser executadas na implantação e manejo da cultura.

De acordo com Husch et al. (1982), os elementos climáticos, como a temperatura, umidade relativa, precipitação, vento e exposição solar, podem influenciar o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Estes, por sua vez, afetam o crescimento e até mesmo a capacidade de sobrevivência. A distribuição de povoamentos florestais está estreitamente relacionada com as condições microclimáticas de determinada região (ALMEIDA, 2000). Além disso, de acordo com Larcher (2006), as variações no microclima influenciam

os processos fisiológicos dos vegetais, como fotossíntese e respiração, o que interfere diretamente no crescimento das plantas.

Embora os estudos relacionados à ecofisiologia do gênero *Khaya* sejam escassos, outras espécies florestais têm sido mais estudadas. Por exemplo, as variáveis climáticas e sua influência nas respostas ecofisiológicas em *Eucalyptus* spp. foram avaliadas por Mielke et al. (1997); Tatagiba et al. (2007) e Xavier (2013). Estes estudos demonstram que as alterações climáticas podem afetar o crescimento vegetal. Assim, a prática de silvicultura bem sucedida depende de uma sólida compreensão das relações entre as espécies e o clima.

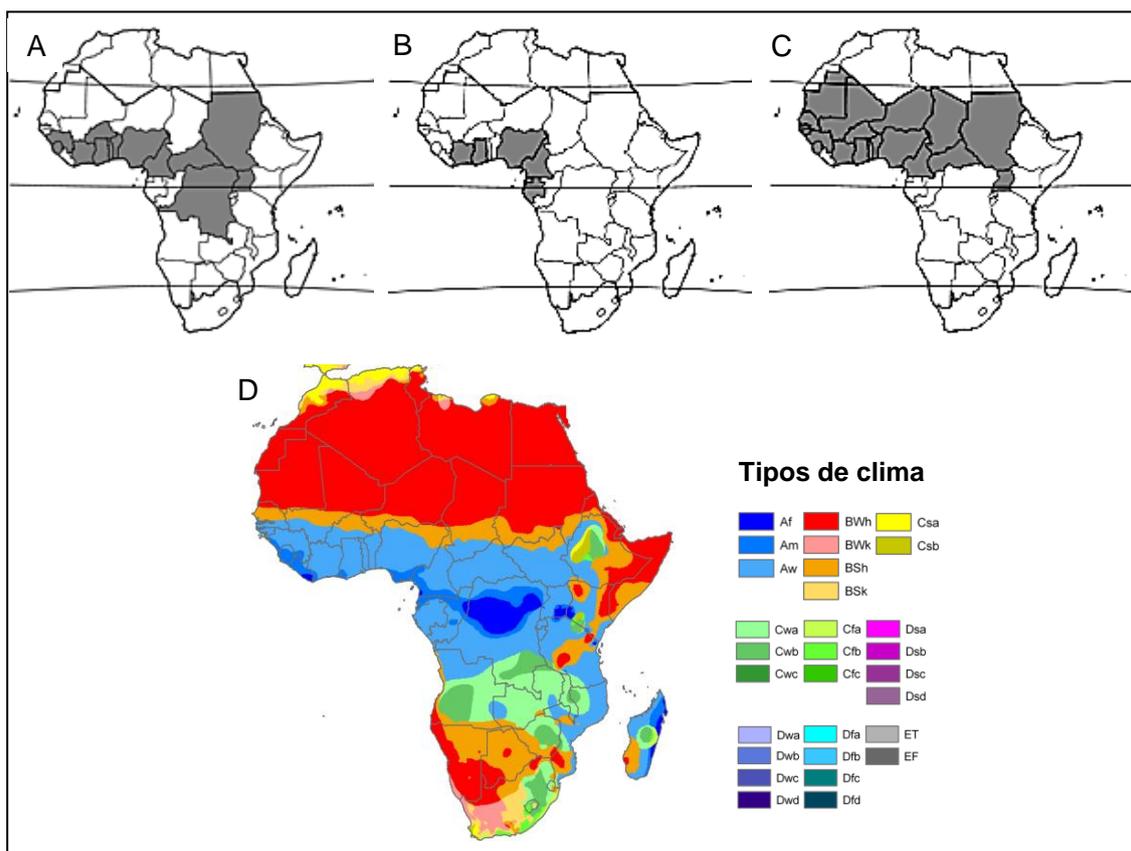
A disponibilidade hídrica é outra variável com bastante influência no desenvolvimento vegetal. A água relaciona-se ao transporte de substâncias orgânicas e inorgânicas pelo corpo da planta, além de participar de vários processos metabólicos e fisiológicos (RAVEN et al., 2000; TAIZ e ZEIGER, 2013).

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo comparar o crescimento de três espécies de mogno africano (*K. anthotheca*, *K. ivorensis* e *K. senegalensis*) submetidas a distintas condições microclimáticas e disponibilidade de água no substrato.

2. MOGNO AFRICANO (*Khaya* spp.)

O gênero *Khaya* contempla espécies popularmente conhecidas como mogno africano, presentes em diversos países da África (TEIXEIRA, 2011). São plantas heliófilas do grupo ecológico das secundárias tardias e pertencentes à Família Meliaceae. As espécies mais conhecidas deste gênero são *Khaya anthotheca*, *K. ivorensis* e *K. senegalensis*, as quais apresentam grande interesse econômico no setor madeireiro (GUIMARÃES et al., 2004). Embora possuam características morfológicas semelhantes e sejam oriundas do Continente Africano, as espécies apresentam distribuição geográfica e climática distintas, como mostra a Figura 1.

Figura 1: Distribuição geográfica natural das espécies *Khaya anthotheca* (A), *K. ivorensis* (B), *K. senegalensis* (C) e classificação de Koppen para o Continente Africano (D). (Fonte: PINHEIRO, 2011).



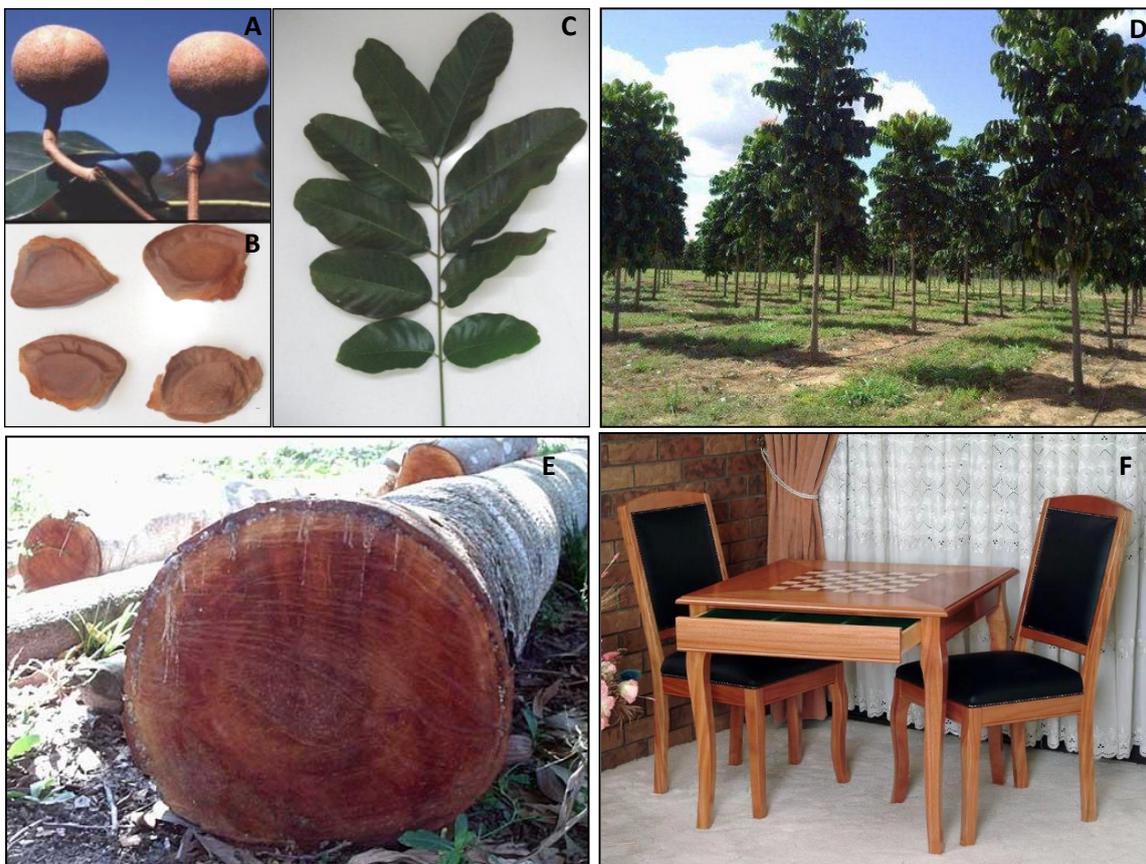
As folhas do mogno são parepinadas, possuem inflorescência em forma de panícula, com pares de folíolos brilhantes e glabros. A planta se desenvolve

melhor em solos estruturados, porém suporta condições onde os teores de argila são menores que 68% (CONDE, 2006). A partir dos sete a oito anos de idade, período que corresponde ao início da frutificação, o mogno apresenta rápido incremento em diâmetro e abertura da copa.

A planta possui fuste retilíneo, o que atrai o interesse do setor madeireiro. Segundo Teixeira (2011), aos 16 anos pode apresentar diâmetro à altura do peito (DAP) de aproximadamente 60 cm. Embora exista a necessidade de realização de inventários de *Khaya* spp. no Brasil, Cunha (2010) relata que entre 16 a 20 anos de idade as árvores de mogno africano apresentem dimensões adequadas para a obtenção de madeira serrada. Algumas características de *Khaya* spp. são apresentadas na Figura 2.

Figura 2: Aspectos de *Khaya* spp.: frutos (A), sementes (B), folha adulta (C), povoamento de *K. ivorensis* (D), corte transversal de tora (E) e móvel confeccionado com sua madeira (F).

(Fonte: <http://www.ibflorestas.org.br/news/1-aspectos.ecologicos.pdf>)



O gênero *Khaya* foi introduzido no Brasil com a finalidade de substituir o mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King), uma vez que, diferente do mogno africano, a espécie nativa apresenta alta susceptibilidade ao microlepidóptero *Hypsiphyla grandella* Zeller, conhecido popularmente como broca-do-ponteiro (GROGAN et al., 2002). No Brasil, as regiões Norte e Sudeste são as maiores produtoras de mogno africano, sendo as espécies *K. ivorensis*, *K. senegalensis* e *K. anthoteca* as mais cultivadas (PINHEIRO et al., 2011).

O gênero *Khaya* possui madeira com características de densidade para fabricação de móveis, classificada como moderadamente pesada, com densidade a 12% variando de 0,57 a 0,80 g.cm⁻³ (TEIXEIRA, 2011), apresentando alta durabilidade e resistência a ataques de xilófagos. Apresenta também como vantagem a facilidade para manuseio e secagem, permitindo bons acabamentos. A coloração avermelhada constitui num importante aspecto que valoriza a madeira.

Apesar de pertencerem ao mesmo gênero, as três espécies de *Khaya* apresentam características particulares quanto às regiões de ocorrência natural e aspectos ecológicos. *Khaya anthoteca* A. Juss. (Welw) C. DC tem ampla distribuição no Continente Africano (Figura 1A), sendo encontrada naturalmente desde o leste de Guiné Bissau, aos países da Uganda e Tanzânia e, ao sul, à Angola e Moçambique (PINHEIRO et al., 2011). Seu cultivo em plantios comerciais concentra-se principalmente nas regiões de distribuição natural no Continente Africano.

No Brasil, *K. anthoteca* é conhecida como mogno africano ou mogno branco, no entanto, em outros países podem ser identificadas popularmente como “smooth-barked mahogany”, “white mahogany”, “uganda mahogany”, “acajou blanc”, “kibaba de mussengue”, “mkangazi” e “linjo”. De acordo com Maroyi (2008), nas regiões de ocorrência natural, a planta pode atingir uma altura de 40 a 65 m e diâmetro à altura do peito de 1,20 m, com tronco retilíneo e cilíndrico. Este mogno ocorre em florestas semidecíduas, com precipitação anual que varia de 1200 a 2000 mm, com estação seca de 2 a 4 meses.

Por sua, *K. ivorensis* A. Chev apresenta uma área de ocorrência natural limitada às regiões tropicais úmidas, como demonstrado na Figura 1B. É

conhecida como “daké” na África Central e “african mahogany” nos Estados Unidos e Inglaterra. Lamprecht (1990) ressalta que *K. ivorensis* é heliófila, sendo tolerante à sombra na fase jovem.

As regiões de origem de *K. ivorensis* apresentam precipitações anuais médias de 1600 - 2500 mm e temperatura entre 24 e 27 °C. De acordo com Pinheiro (2011), em plantios com idade de um ano no Sul de Minas Gerais e Santa Catarina, observa que as espécies mostram-se resistentes a geadas.

A espécie *Khaya senegalensis* A. Juss. é conhecida no comércio moveleiro internacional como “acajou de Senegal”, “acajou d’afrique”, “dry zone mahogany” e “caoba de Senegal”. Segundo Nikiema e Pasternak (2008), esta espécie ocorre naturalmente no continente africano entre a Linha do Equador até o Trópico de Câncer, desde o Oceano Atlântico até o Índico.

Um aspecto peculiar de *K. senegalensis* diz respeito a sua exigência climática nos locais de ocorrência natural, os quais apresentam precipitação média anual entre 650 a 1800 mm e uma estação seca que pode durar de 4 a 7 meses (PINHEIRO, 2011). Assim como os demais mognos, a madeira de *K. senegalensis* é valorizada para carpintaria, marcenaria, fabricação de móveis, construção de navios e laminados decorativos.

No contexto de zoneamento climático de espécies florestais, Arnold et al. (2004) avaliaram a adequação climática de *K. senegalensis* para plantios na Austrália. A partir dos dados de temperatura e precipitação nas regiões geográficas de ocorrência natural, o estudo apontou a região Norte da Austrália como área apta para o cultivo da espécie. No entanto, o trabalho alerta para a necessidade da consideração de condições específicas dos locais, como profundidade e drenagem de solo, presença de pragas e doenças, interesse do produto final, entre outros.

No Estado de Roraima, Alves (2013) estudou o padrão de qualidade na produção de mudas de *K. ivorensis* e *K. senegalensis*. Ao avaliar os parâmetros de crescimento e compará-los com outras espécies florestais de interesse comercial, concluiu-se que as espécies apresentam rápido e vigoroso crescimento vegetativo. Aos 60 dias após o transplante, *K. senegalensis* atingiu 24 cm de altura e 7 mm de diâmetro, enquanto *K. ivorensis* apresentou

28 cm de altura e 5,5 mm de diâmetro. O mesmo estudo ressalta que a adição de solução nutritiva pode potencializar o crescimento vegetativo de *Khaya* spp.

Eventos técnicos têm sido realizados no Brasil para abordar a temática do mogno africano, sobretudo em função do alto potencial para implantação de Programas Governamentais na área de silvicultura, os quais incentivam a diversificação de espécies nas florestas de produção.

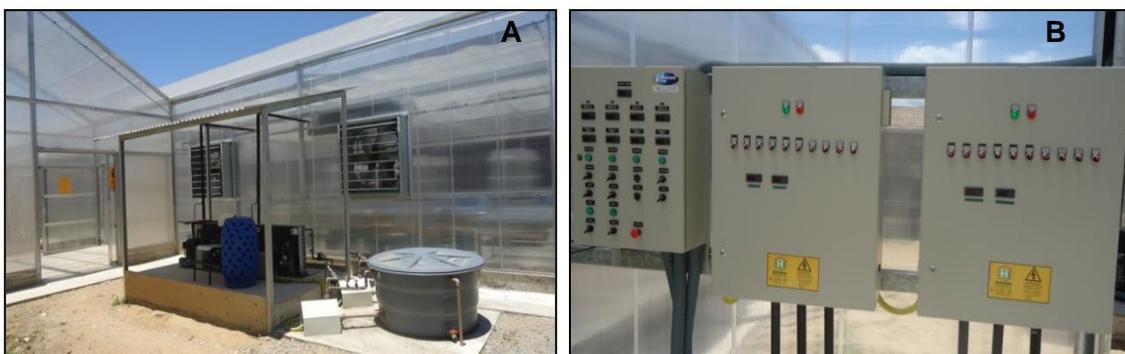
3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO E INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

O estudo foi realizado no período de 15 de outubro de 2013 a 14 de janeiro de 2014 no Laboratório de Meteorologia e Ecofisiologia Florestal do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA/UFES), localizada no município de Jerônimo Monteiro - ES (latitude 20°47'8" S, longitude 41°23'52" W e altitude 120 m). Segundo a classificação Internacional Köppen, o clima predominante na região é o Cwa, caracterizado por apresentar inverno frio e seco, temperatura média de 23,1 °C e precipitação total média de 1341 mm (LIMA et al., 2008). O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação climatizada, com controle de temperatura e umidade do ar (Figura 3).

Foram utilizadas mudas de origem seminífera de três espécies de mogno africano, *Khaya ivorensis* A. Chev., *K. senegalensis* A. Juss. e *K. anthotheca* (Welw.) C. DC., com idade de 100 dias após a germinação, fornecidas pelo Instituto Brasileiro de Florestas (IBF). No primeiro dia de experimentação, as mudas apresentavam médias de 22,0 cm de altura, 3,1 mm de diâmetro do coleto, 10,2 cm² de área foliar e 6,2 g de massa seca total.

Figura 3: Estrutura externa da casa de vegetação climatizada (A) e painel de controle das variáveis climáticas da casa de vegetação (B) localizada no município de Jerônimo Monteiro - ES.



As mudas foram transplantadas para vasos plásticos de cor preta e com furos na superfície inferior para possibilitar o escoamento do excesso de água. Os vasos possuíam dimensões de 30 cm de altura, 25 cm de diâmetro superior

e 22 cm de diâmetro inferior, com capacidade para 12 litros de substrato. Os mesmos foram dispostos em bancadas de metal de 3,0 x 1,20 x 1,0 m de comprimento, largura e altura, respectivamente (Figura 4).

Figura 4: Disposição dos vasos na bancada da casa de vegetação climatizada, localizada no município de Jerônimo Monteiro - ES, no primeiro dia de experimentação.



O substrato utilizado foi composto de 68% de solo (Latosolo vermelho-amarelo coletado na profundidade de 20-50 cm), 16% de esterco bovino curtido e 16% de palha de café. Foi realizada análise química do substrato para verificar a necessidade de posterior adubação e correção da acidez do solo (Tabela 1), por meio dos seguintes métodos de extração, pH: Água Relação 1:2,5; S: Fosfato monocálcio em ácido acético; P, K, Na, Zn, Cu, Fe, Mn: Mehlich 1; Ca, Mg, Al: $\text{KCl}^{-1} \text{mol L}^{-1}$; H+Al: Acetato de Cálcio - $0,5 \text{mol L}^{-1} \text{pH}7,0$; P-rem: Solução de equilíbrio $60 \text{mg L}^{-1} \text{P}$; M.O.: walkley-black.

Tabela 1: Análise química de um Latossolo vermelho-amarelo coletado no município de Jerônimo Monteiro utilizado em experimento em casa de vegetação no período de 15 de outubro de 2013 a 14 de janeiro de 2014 no município de Jerônimo Monteiro - ES.

Análise química																			
pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	C	M.O.	CTC(t)	CTC(T)	S.B.	V	m	ISNa	Fe	Cu	Zn	Mn
H ₂ O	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³			g kg ⁻¹		cmol _c dm ⁻³			%		mg dm ⁻³					
6,2	323	890	42	6,3	1,6	0	3,7	8,3	14,4	10,6	14,3	10,6	74,7	0,0	2,0	34	0,3	4,0	20

As mudas transplantadas foram mantidas durante 21 dias em casa de vegetação climatizada para crescimento inicial antes de se iniciar os tratamentos com os diferentes níveis de disponibilidade hídrica no solo e demandas evaporativas da atmosfera. Após este período, iniciou-se o experimento em três diferentes casas de vegetação, simulando diferentes

condições ambientais, dando origem a três microclimas distintos onde as plantas cresceram até o final do experimento.

3.2 CARACTERIZAÇÃO MICROCLIMÁTICA

Os microclimas em cada casa de vegetação foram impostos por combinações de diferentes valores de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa (UR%), obtendo desta forma distintos valores de déficit de pressão de vapor (DPV). A caracterização microclimática dos três ambientes foi realizada por meio de estações meteorológicas automáticas instaladas no interior de casa de vegetação. Nas estações foram acoplados sensores de temperatura e umidade relativa do ar (marca Vaisala, modelo CS500). Os dados foram coletados e armazenados por um "datalogger" (marca CAMPBELL SCIENTIFIC, modelo CR10X). O tempo de leitura foi de dez segundos, e os dados médios foram armazenados a cada 15 minutos.

O déficit de pressão de vapor do ar (DPV) foi calculado a partir da estimativa da pressão de saturação de vapor d'água (e_s) e pressão parcial de vapor (e_a) de acordo com Pereira et al. (2002). O déficit de pressão de vapor do ar foi obtido pela diferença entre e_s e e_a .

O controle das condições ambientais dentro das casas de vegetação possibilitou definir três microclimas distintos. As medidas caracterizaram uma condição de temperatura média do ar de $24,7^{\circ}\text{C}$ (Microclima 1), $28,6^{\circ}\text{C}$ (Microclima 2) e $29,8^{\circ}\text{C}$ (Microclima 3). Quanto ao déficit de pressão de vapor (DPV), esses ambientes apresentaram valores distintos, sendo eles denominados de DPV inferior, DPV intermediário e DPV superior, nos microclimas 1, 2 e 3, respectivamente. O curso médio diário da temperatura média do ar e déficit de pressão de vapor nas três casas de vegetação climatizadas é detalhado na Figura 5 e na Tabela 2.

Figura 5: Curso médio diário da temperatura média do ar (A) e déficit de pressão de vapor (B), em três casas de vegetação climatizadas no município de Jerônimo Monteiro - ES, no período de 15 de outubro de 2013 a 14 de janeiro de 2014.

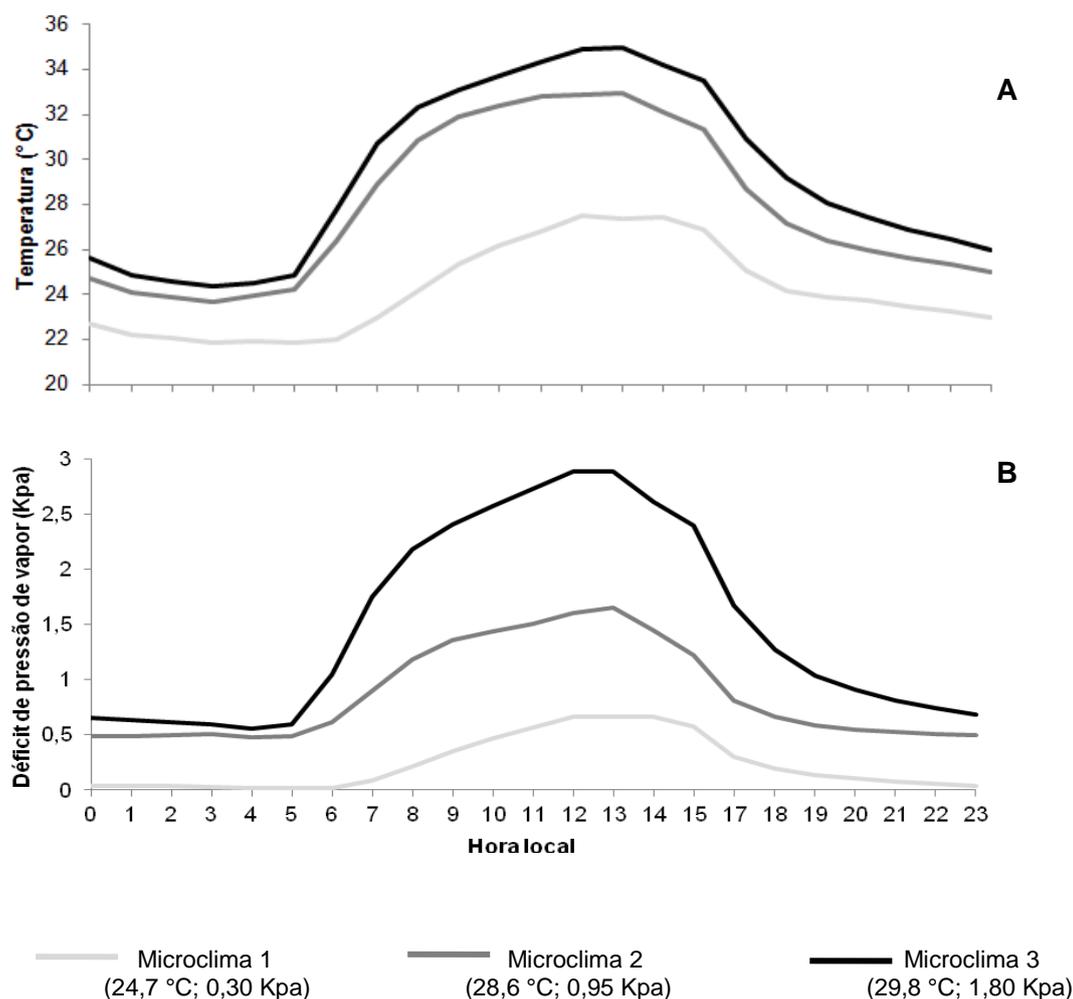


Tabela 2: Valores médios de temperatura do ar e déficit de pressão de vapor em horários do período diurno, noturno, máximos, mínimos e média geral da temperatura do ar e do déficit de pressão de vapor no período de 15 de outubro de 2013 a 14 de janeiro de 2014, em três casas de vegetação climatizadas no município de Jerônimo Monteiro - ES.

	Temperatura do ar (°C)		
	Microclima 1	Microclima 2	Microclima 3
Máxima	27,7	32,8	34,9
Mínima	21,8	23,7	24,3
Média	24,7	28,6	29,8
	Déficit de pressão de vapor (Kpa)		
	Microclima 1	Microclima 2	Microclima 3
Máxima	0,67	1,60	2,88
Mínima	0,02	0,48	0,56
Média	0,30	0,95	1,70

3.3 ÁGUA DISPONÍVEL E REPOSIÇÃO DE ÁGUA NO SUBSTRATO

Os vasos foram saturados com água e permaneceram sem aplicação de tratamento até a drenagem total da água gravitacional, quando então foram pesados para estabelecer o peso dos vasos na capacidade de campo. Foram retiradas amostras de solo para determinação da umidade pelo método gravimétrico com o intuito de certificar que os vasos encontravam-se com umidade na capacidade de campo para então dar início a aplicação dos tratamentos.

O controle foi baseado no monitoramento da quantidade de água contida no solo através da pesagem diária dos vasos, e na reposição da fração perdida por evapotranspiração. Com auxílio de uma balança com precisão de 10 g foi contabilizada a quantidade de água perdida e realizada a reposição.

O cálculo do consumo de água para cada tratamento foi realizado ao final dos 90 dias de experimentação. Para tanto, considerou-se o consumo de água em litros para cada unidade amostral (vaso) ao final deste período, realizando após a média aritmética da água consumida por cada tratamento e para cada microclima.

Para determinação dos valores da água disponível, foram utilizados pontos da curva de retenção de água no solo, determinada conforme Embrapa (1997). A aplicação desta metodologia consistiu na retirada de amostras deformadas e previamente peneiradas, depois de saturadas por no mínimo 12 horas, foram levadas à câmara de pressão de Richards com placa porosa para estabilização, e posterior determinação da umidade gravimétrica (U), correspondente às tensões de 0,010 MPa para a capacidade de campo e 1,5 MPa para o ponto de murcha permanente, com três repetições. Sendo encontrado o valor da capacidade de campo (CC) de 31,80% e do ponto de murcha permanente (PMP) 19,75 %. A densidade do substrato foi obtida pelo método da proveta, seguindo o roteiro da Embrapa (1997), apresentando valor de 0,86 g cm⁻³.

A indução da deficiência hídrica consistiu em suspender a reposição de água até que o solo atingisse os níveis de 20, 40, 60 e 90% da água disponível. A reposição do consumo de água nos vasos pelas plantas em cada ambiente

foi realizada quando os níveis de água atingissem 20, 40, 60 e 90% da água disponível, retornando a 100% da água disponível, ou seja, à capacidade de campo.

3.4 CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO DAS PLANTAS

Ao final dos 90 dias de experimentação foram realizadas medidas de crescimento altura, diâmetro, área foliar e da massa seca das plantas. Os valores de altura foram obtidos com auxílio de régua de metal graduada em milímetros da base para o ápice das plantas. O diâmetro do coleto foi aferido com auxílio de paquímetro digital. A área foliar foi determinada com o auxílio de um integrador de área foliar (marca Li-Cor Inc, modelo LI-3100).

Para determinação da massa seca as plantas foram coletadas e separadas nas frações da parte aérea (folhas, haste e ramos) e raiz e logo após as amostras foram secas em estufa de circulação forçada a 65 °C por 72 horas para atingir peso constante. Em seguida, os materiais foram pesados em balança analítica para obtenção da massa seca das frações e da relação raiz/parte aérea.

3.5 TRANSMISSÃO DA RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA

Aos 88 dias de experimentação realizou-se uma caracterização da transmissão da radiação fotossinteticamente ativa com auxílio de um sensor de linear (marca Li-COR, modelo Line Quantum). Para tanto, os vasos com o mesmo tratamento foram agrupados sobre a bancada e a mensuração realizada através do posicionamento do sensor, primeiramente, acima da copa e posteriormente, na base dos vasos, ou seja, abaixo das folhas das mudas. Portanto, calculou-se a transmissão da radiação fotossinteticamente ativa a partir das diferenças percentuais encontradas entre estas medidas.

Adotou-se o critério de nove medidas por tratamento, no período das 11:00 às 13:00 horas do horário local, uma vez que neste período há uma incidência com maior uniformidade dos raios solares, acarretando em uma menor influência na projeção da sombra nos resultados.

3.6 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Adotou-se o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) em esquema fatorial 3X4X3 composto por três espécies (*K. anthoteca*, *K. ivorensis* e *K. senegalensis*), quatro níveis de água disponível no solo (20, 40, 60 e 90%), inseridos em três condições microclimáticas (24,7 °C e 0,30 Kpa; 28,6 °C; 0,95 Kpa; 29,8 °C; 1,80 Kpa) com cinco repetições. A unidade amostral foi constituída de uma planta por vaso.

Os dados de crescimento de planta, transmissividade da radiação solar fotossinteticamente ativa e consumo de água foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para avaliar possíveis interações entre os fatores espécies e níveis de água para cada ambiente separadamente. Quando significativas, os resultados foram submetidas ao teste de Tukey para comparação das médias ao nível de 5% de probabilidade utilizando o *software* SISVAR 5.1 de Furtado (2011).

4. RESULTADOS

4.1 AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO

Massa seca total

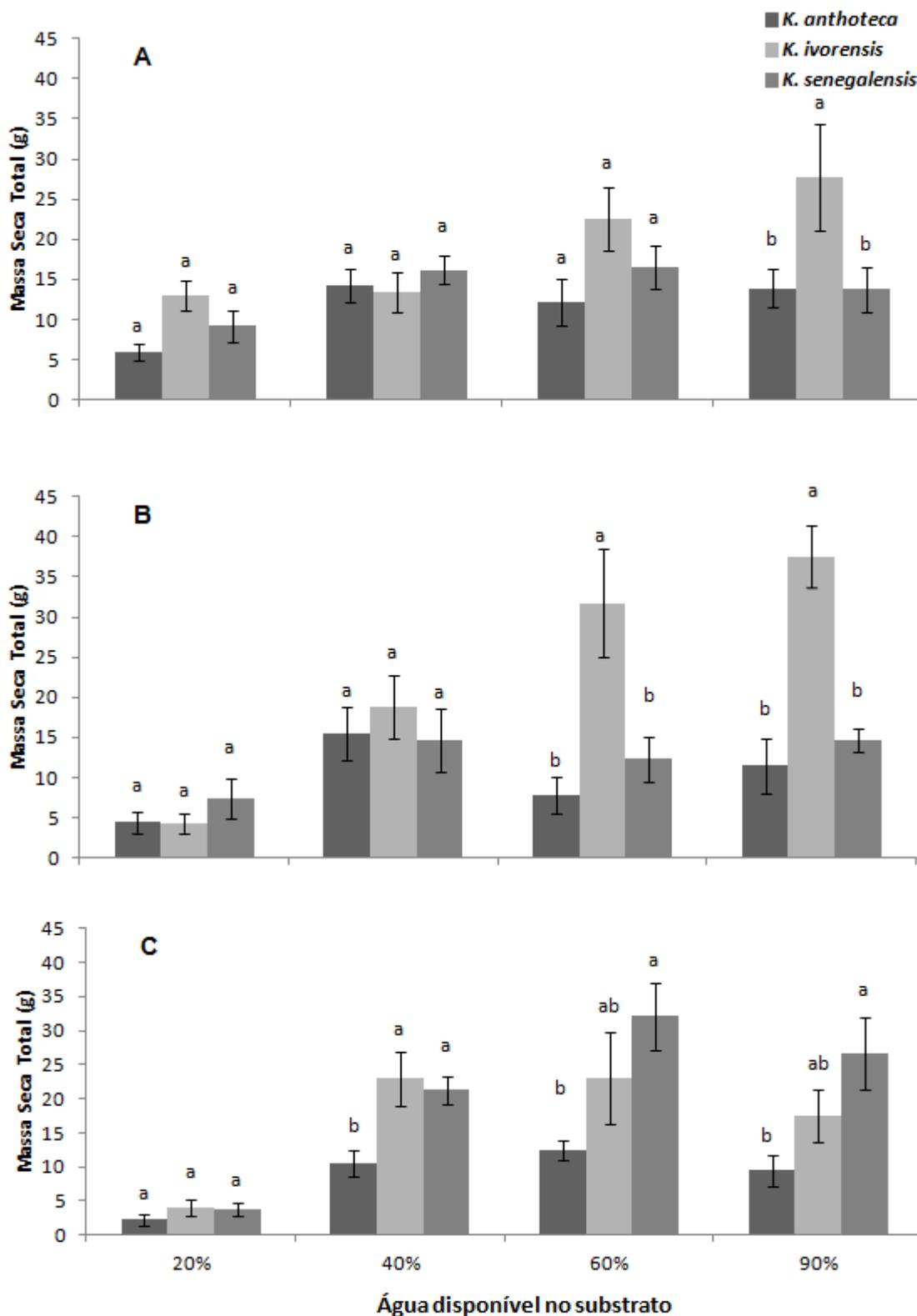
A variável massa seca total apresentou interação significativa entre os fatores espécie e níveis de água disponível no substrato dentro de todos os microclimas estudados. Na Figura 6, observa-se o desdobramento do fator espécie para os quatro níveis de água disponível.

Nesta análise, nota-se que em condições de deficiência hídrica (20% e 40% de água disponível), independente do ambiente, as espécies apresentam comportamentos semelhantes quanto à massa seca total. Desta forma, estes níveis de água não proporcionaram diferença estatística entre as espécies, à exceção do Microclima 3, no qual *K. anhoteca* foi penalizada em relação aos demais mognos sob o nível de 40% (Figura 6C).

Em condições de alta disponibilidade hídrica no substrato (60% e 90%), foi possível verificar diferenças quanto a massa seca total. No Microclima 1 (temperatura do ar e déficit de pressão de vapor inferiores), sob o nível de 90%, *K. ivorensis* apresentou maiores médias de massa seca total (Figura 6A). No Microclima 2, *K. ivorensis* mostrou-se superior as demais espécies tanto ao nível de 60%, quanto ao de 90% de água disponível no solo, como retrata a Figura 6B.

No Microclima 3, caracterizado por uma atmosfera mais seca, a espécie *K. senegalensis* superioridade em massa seca total submetidas aos níveis de 60 e 90% de água disponível no substrato, embora não diferiu estatisticamente de *K. ivorensis* (Figura 6C). Por sua vez, *K. anhoteca* foi penalizada, obtendo a menor crescimento nestes mesmos níveis de água dentro do Microclima 3.

Figura 6: Massa seca total de *K. anotheca*, *K. ivorensis* e *K. senegalensis* aos 90 dias de experimentação, conduzidas em três diferentes microclimas: A (24,7 °C; 0,30 Kpa), B (28,6 °C; 0,95 Kpa) e C (29,8 °C; 1,70 Kpa), sob níveis de água disponível no substrato, em Jerônimo Monteiro - ES, no período de 15 de outubro de 2013 a 14 de janeiro de 2014. *Médias seguidas de mesma letra dentro do mesmo nível de água não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.



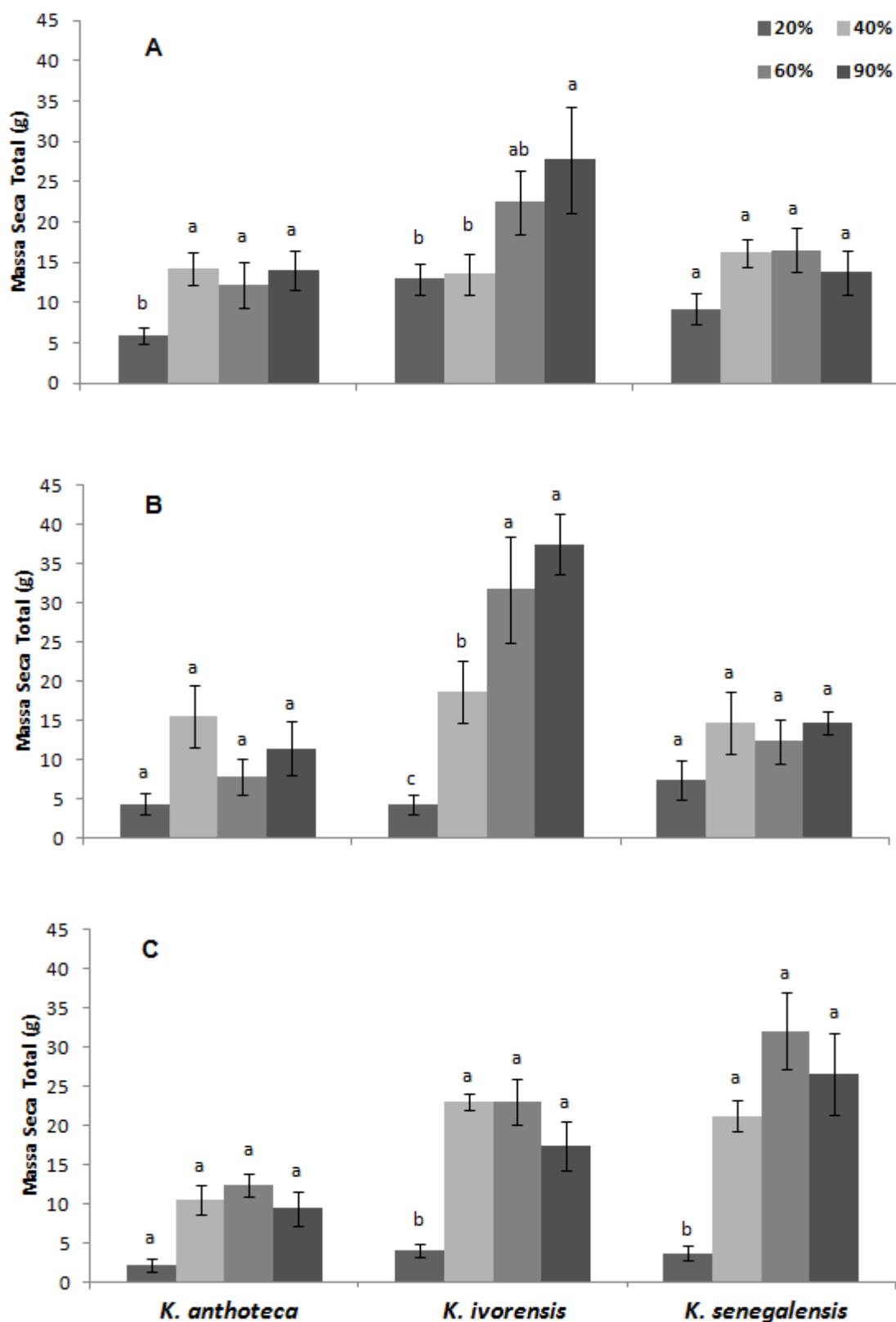
A figura 7 apresenta o efeito dos diferentes níveis de água para cada espécie. Notou-se que a massa seca total de *K. anthoteca* não foi influenciada pelas diferentes disponibilidades hídricas nos Microclimas 2 e 3, sendo estatisticamente iguais nestes ambientes (Figura 7B e 7C), os quais apresentam em comum um valor de temperatura alta. No entanto, no Microclima 1 o nível de 20% condicionou menores valores de massa seca total para *K. anthoteca*, sendo os demais superiores e estatisticamente iguais.

A espécie *K. ivorensis* foi sensível a redução da água disponível no substrato. Conforme apresenta a Figura 7A, no Microclima 1, os níveis de 20 e 40% condicionaram a menor média de massa seca total, sendo estatisticamente iguais. O nível de 60% mostrou valores médios intermediários, embora não tenha diferido dos demais níveis. Nestas mesmas condições microclimáticas, o nível de 90% de disponibilidade hídrica apresentou os maiores valores de massa seca total, tendo um aumento de aproximadamente 100% quando comparado aos níveis de 20 e 40%.

As diferenças da massa seca total em função das disponibilidades hídricas para *K. ivorensis* foram mais nítidas no Microclima 2, onde o nível de 20% resultou na menor massa seca total. Nestas condições microclimáticas, o nível de 40% apresentou médias intermediárias, enquanto 60 e 90% apresentaram superioridade e igualdade estatística (Figura 7B). No entanto, submetidas ao Microclima 3, o nível de 40% é estatisticamente igual aos de 60 e 90%, sendo que a média inferior coube ao 20% de disponibilidade hídrica, apresentado na Figura 7C. Neste menor déficit, houve uma considerável redução de mais de 300% no crescimento desta variável em relação às médias superiores.

Ao analisar o desdobramento do fator nível de água para a espécie *K. senegalensis*, observa-se que nos Microclimas 1 e 2 houve igualdade entre todas as disponibilidades (Figuras 7A e 7B), ou seja, as condições de déficit hídrico não influenciaram a massa seca total nestes ambientes. No entanto, dentro do Microclima 3, as plantas sob o nível de 20% apresentaram médias consideravelmente inferiores as demais disponibilidades, denotando a penalização diante deste nível de deficiência hídrica associada ao DPV mais alto.

Figura 7: Massa seca total de *K. anthoteca*, *K. ivorensis* e *K. senegalensis* aos 90 dias de experimentação, conduzidas em três diferentes microclimas: A (24,7 °C; 0,30 Kpa), B (28,6 °C; 0,95 Kpa) e C (29,8 °C; 1,70 Kpa), sob níveis de água disponível no substrato, em Jerônimo Monteiro - ES, no período de 15 de outubro de 2013 a 14 de janeiro de 2014. *Médias seguidas de mesma letra dentro da mesma espécie não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.



Massa seca da parte aérea

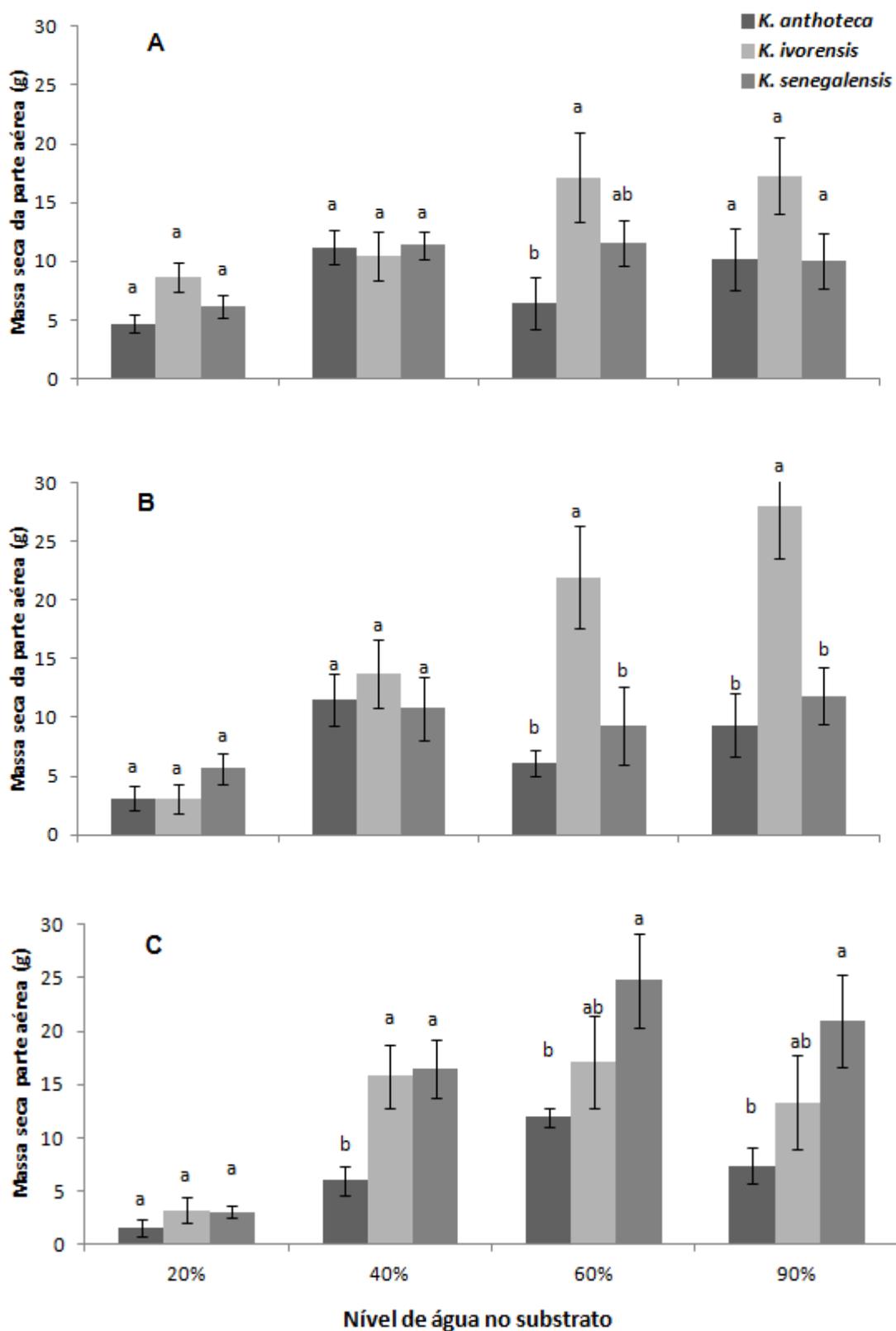
Os valores da fração massa seca da parte aérea (somatório de hastes e folhas) apresentaram interação estatística para o desdobramento do fator espécie nos quatro níveis de água disponível (Figura 8). Em todos os microclimas, o nível de 20% não proporcionou diferenças entre as três espécies. O mesmo ocorreu com 40% nos Microclimas 1 e 2, no entanto, este nível de deficiência hídrica reduziu o crescimento de massa seca da parte aérea da espécie *K. anthoteca* no Microclima 3 (Figura 8C). Esta mesma espécie apresentou a menor média, além de um decréscimo de aproximadamente 200% quando comparado as *K. ivorensis* e *K. senegalensis*, as quais se igualaram estatisticamente.

O déficit hídrico ao nível de 60% no Microclima 1 condicionou menor valor de massa seca da parte aérea para a espécie *K. anthoteca*, como é possível evidenciar na Figura 8A. Nestas condições ambientais, ao nível de 60%, coube a *K. ivorensis* o maior valor médio de massa seca da parte aérea, seguido por *K. senegalensis*. Por sua vez, neste ambiente com condições mais amenas de temperatura e DPV, o nível de 90% não proporcionou diferenças entre as espécies (Figura 8A).

No Microclima 2, quando as espécies foram submetidas às condições de maiores disponibilidades de água (60 e 90%), a espécie *K. ivorensis* apresentou médias superiores em relação a *K. anthoteca* e *K. senegalensis*. Estas duas espécies, além de apresentarem as menores médias, mostraram igualdade estatística para a variável analisada (Figura 8B).

Os níveis de 60 e 90% de disponibilidade hídrica no substrato, no Microclima 3 seguiram uma mesma influência estatística para as espécies de mogno africano. Nestas disponibilidades, a massa seca da parte aérea de *K. anthoteca* apresentou a menor média. Os maiores valores de massa seca da parte aérea foram encontrados para *K. senegalensis*, embora não tenha diferido estatisticamente de *K. ivorensis*, conforme a Figura 8C.

Figura 8: Massa da parte aérea de *K. anotheca*, *K. ivorensis* e *K. senegalensis* aos 90 dias de experimentação, conduzidas em três diferentes microclimas: A (24,7 °C; 0,30 Kpa), B (28,6 °C; 0,95 Kpa) e C (29,8 °C; 1,70 Kpa), sob níveis de água disponível no substrato, em Jerônimo Monteiro - ES, no período de 15 de outubro de 2013 a 14 de janeiro de 2014. *Médias seguidas de mesma letra dentro do mesmo nível de água não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.



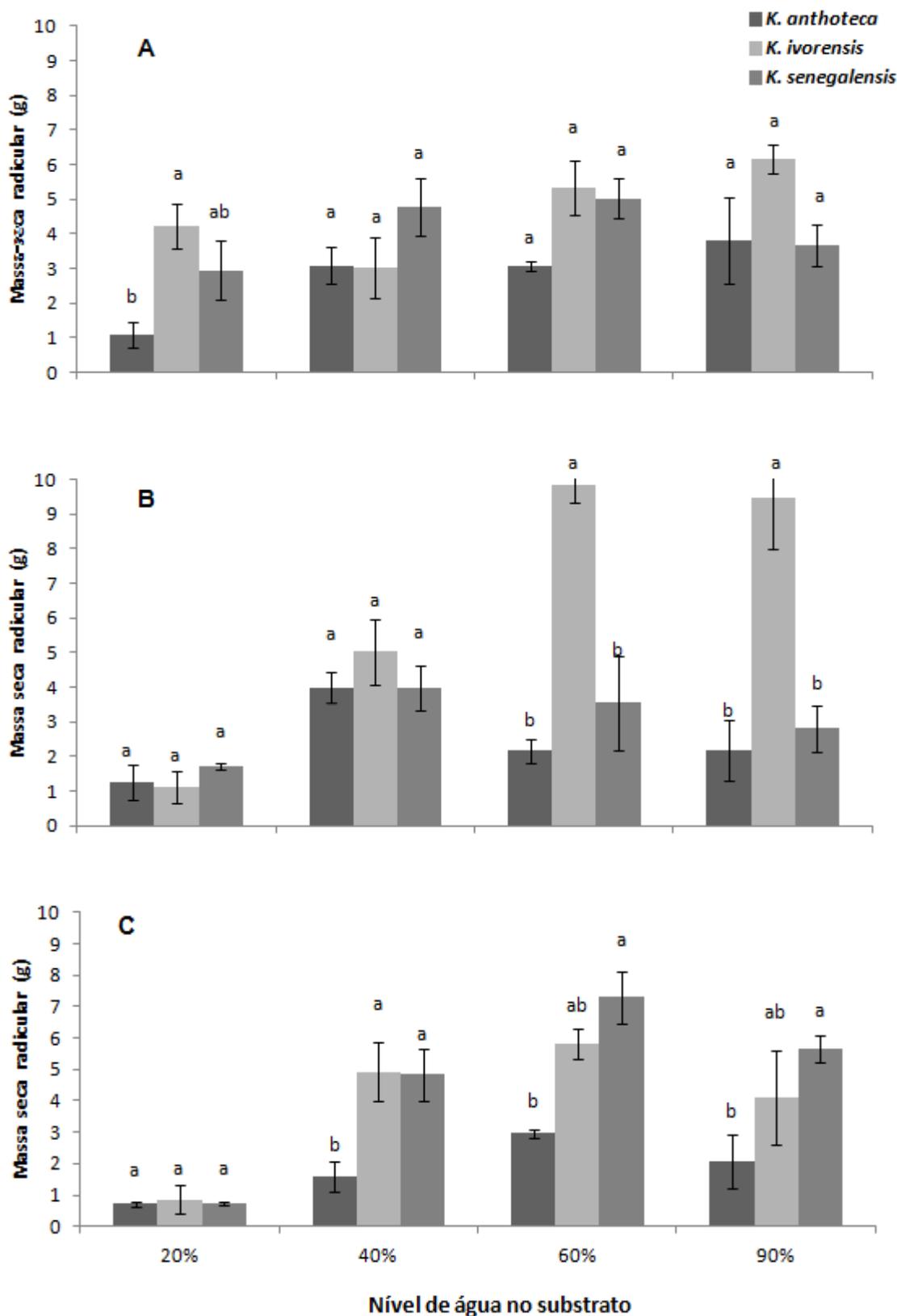
Massa seca radicular

A variável massa seca da raiz apresentou interação significativa entre os fatores espécie e níveis de água disponível no substrato em todos os ambientes. Na Figura 9, observa-se o desdobramento do fator espécie para os quatro níveis de água disponível. No microclima 1, caracterizado pelos menores valores de temperatura e DPV, somente a condição de maior déficit (20%) influenciou diferentemente a massa seca radicular, em que *K. ivorensis* apresentou maior massa seca radicular, seguido por *K. senegalensis* e *K. anthoteca* (Figura 9A).

O Microclima 2 proporcionou diferenças estatísticas na massa seca radicular para os níveis de 60 e 90% de água disponível. Nestas condições, as espécies *K. anthoteca* e *K. senegalensis* obtiveram igualdade estatística e menores valores em comparação a *K. ivorensis*, a qual apresentou considerável superioridade para estes níveis de água no substrato (Figura 9B).

Por sua vez, no Microclima 3, o nível de 40% condicionou uma menor média de massa seca da raiz para a espécie *K. anthoteca*, tendo *K. ivorensis* e *K. senegalensis* igualmente as maiores médias, conforme a Figura 9C. Nos níveis de 60 e 90%, *K. anthoteca* apresentou os menores valores médios, enquanto a superioridade coube a *K. senegalensis*. Os valores intermediários de *K. senegalensis* não diferiram estatisticamente das demais espécies (Figura 9C).

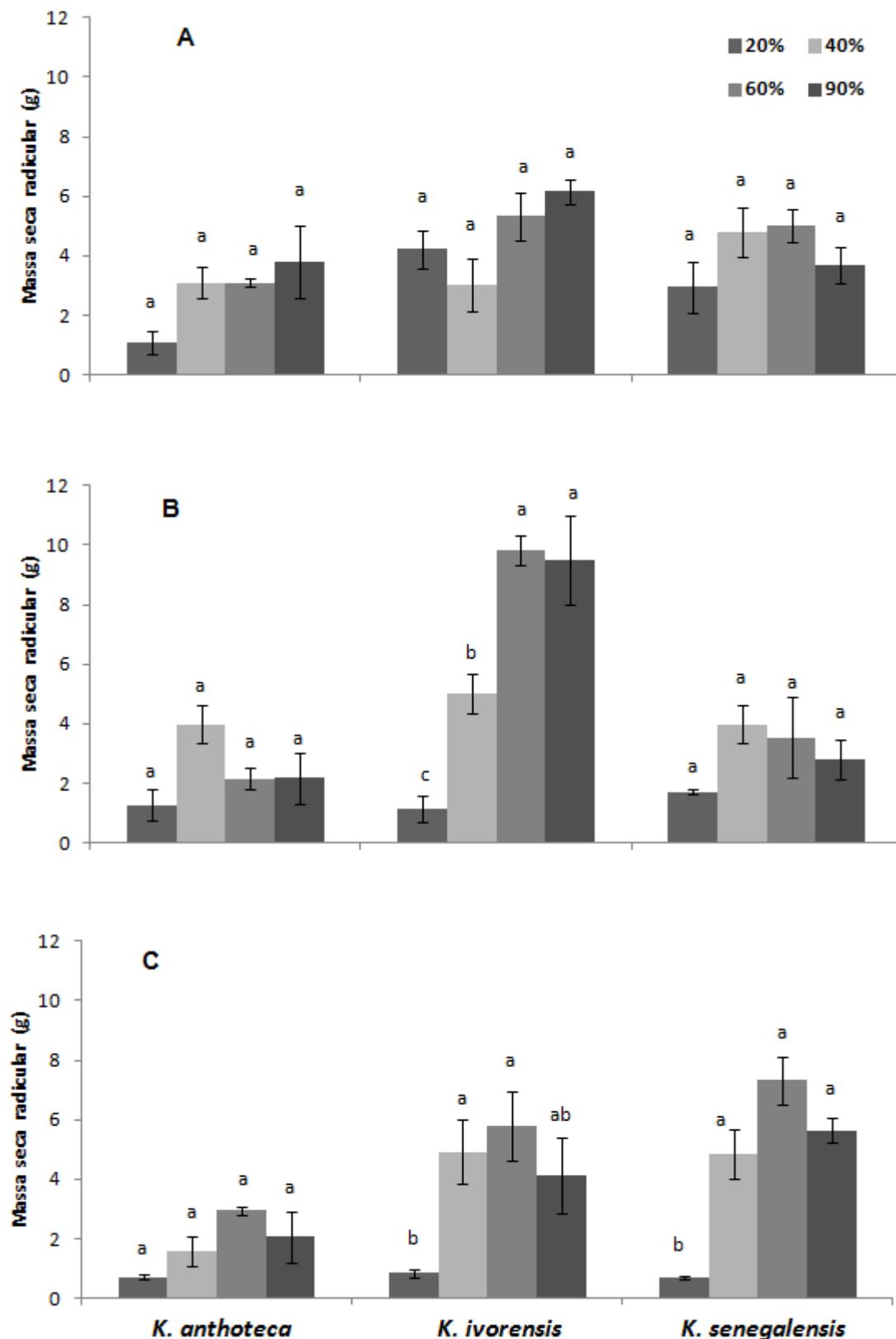
Figura 9: Massa seca radicular de *K. anhoteca*, *K. ivorensis* e *K. senegalensis* aos 90 dias de experimentação, conduzidas em três diferentes microclimas: A (24,7 °C; 0,30 Kpa), B (28,6 °C; 0,95 Kpa) e C (29,8 °C; 1,70 Kpa), sob níveis de água disponível no substrato, em Jerônimo Monteiro - ES, no período de 15 de outubro de 2013 a 14 de janeiro de 2014. *Médias seguidas de mesma letra dentro do mesmo nível de água não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.



Na Figura 10, ao verificar o desbobrimento dos diferentes níveis de água para cada espécie, notou-se que as condições mais amenas do Microclima 1 não proporcionaram diferenças estatísticas para a massa seca radicular. O mesmo padrão foi observado em *K. anthoteca* nos Microclimas 2 e 3 (Figuras 10B e 10C) e em *K. senegalensis* no Microclima 2 (Figura 10B).

No entanto, os menores níveis de água disponível no substrato reduziram consideravelmente a massa seca do sistema radicular de *K. ivorensis* no Microclima 2. Neste ambiente, o nível de 60 e 90% apresentaram médias superiores, seguidos por valores intermediários do nível de 40% e inferiores com o nível de 20% (Figura 10B). Por sua vez, o crescimento radicular de *K. senegalensis* no Microclima 3 foi consideravelmente reduzido quando submetida ao nível de 20% de disponibilidade hídrica, conforme a Figura 10C.

Figura 10: Massa seca radicular de *K. anthoteca*, *K. ivorensis* e *K. senegalensis* aos 90 dias de experimentação, conduzidas em três diferentes microclimas: A (24,7 °C; 0,30 Kpa), B (28,6 °C; 0,95 Kpa) e C (29,8 °C; 1,70 Kpa), sob níveis de água disponível no substrato, em Jerônimo Monteiro - ES, no período de 15 de outubro de 2013 a 14 de janeiro de 2014. *Médias seguidas de mesma letra dentro da mesma espécie não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.



Relação raiz/parte aérea

Houve interação significativa para a relação raiz/parte aérea entre os fatores espécie e níveis de água no substrato. Na Figura 11 é possível analisar o comportamento das espécies em cada nível de água disponível. Quando submetidas ao Microclima 1 com 20% de água disponível, a espécie *K. senegalensis* apresentou superioridade da relação raiz/parte aérea, embora no nível de 90% *K. anthoteca* demonstrou valores superiores. Entretanto, não houve diferenças estatísticas para esta variável nos níveis intermediários de água disponível (Figura 11A).

No Microclima 2, os quatro níveis de disponibilidade hídrica não influenciaram distintivamente a relação raiz/parte aérea para nenhuma das espécies (Figura 11B). O mesmo padrão foi observado nos níveis de 40, 60 e 90% no Microclima 3. No entanto, na maior condição de deficiência hídrica (20%) no Microclima 3, *K. anthoteca* demonstrou superioridade; *K. ivorensis* não diferiu das demais espécies e *K. senegalensis* apresentou a menor média.

A relação raiz/parte aérea nos níveis de água disponível para cada espécie é apresentada na Figura 12. Quando submetidas ao Microclima 1, o nível de 90% apresentou os maiores valores da relação raiz/parte na espécie *K. anthoteca*, enquanto para *K. senegalensis* os maiores valores foram encontrados com 20% da água disponível. As disponibilidades hídricas não mostraram diferenças estatísticas na espécie *K. ivorensis* nestas mesmas condições microclimáticas, conforme observado na Figura 12A.

Não houve diferença estatística entre os níveis de água disponíveis no substrato para as espécies no Microclima 2 (Figura 12B). Por sua vez, no ambiente com temperatura e DVP superiores, a penalização hídrica ao nível de 20% proporcionou a maior relação raiz/parte aérea para a espécie *K. anthoteca* (Figura 12C). Porém, ainda no Microclima 3, não houve diferenças desta variável entre os níveis de água para as espécies *K. ivorensis* e *K. senegalensis*.

Figura 11: Relação raiz/parte aérea de *K. anthoteca*, *K. ivorensis* e *K. senegalensis* aos 90 dias de experimentação, conduzidas em três diferentes microclimas: A (24,7 °C; 0,30 Kpa), B (28,6 °C; 0,95 Kpa) e C (29,8 °C; 1,70 Kpa), sob níveis de água disponível no substrato, em Jerônimo Monteiro - ES, no período 15 de outubro de 2013 a 14 de janeiro de 2014. *Médias seguidas de mesma letra dentro do mesmo nível de água não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

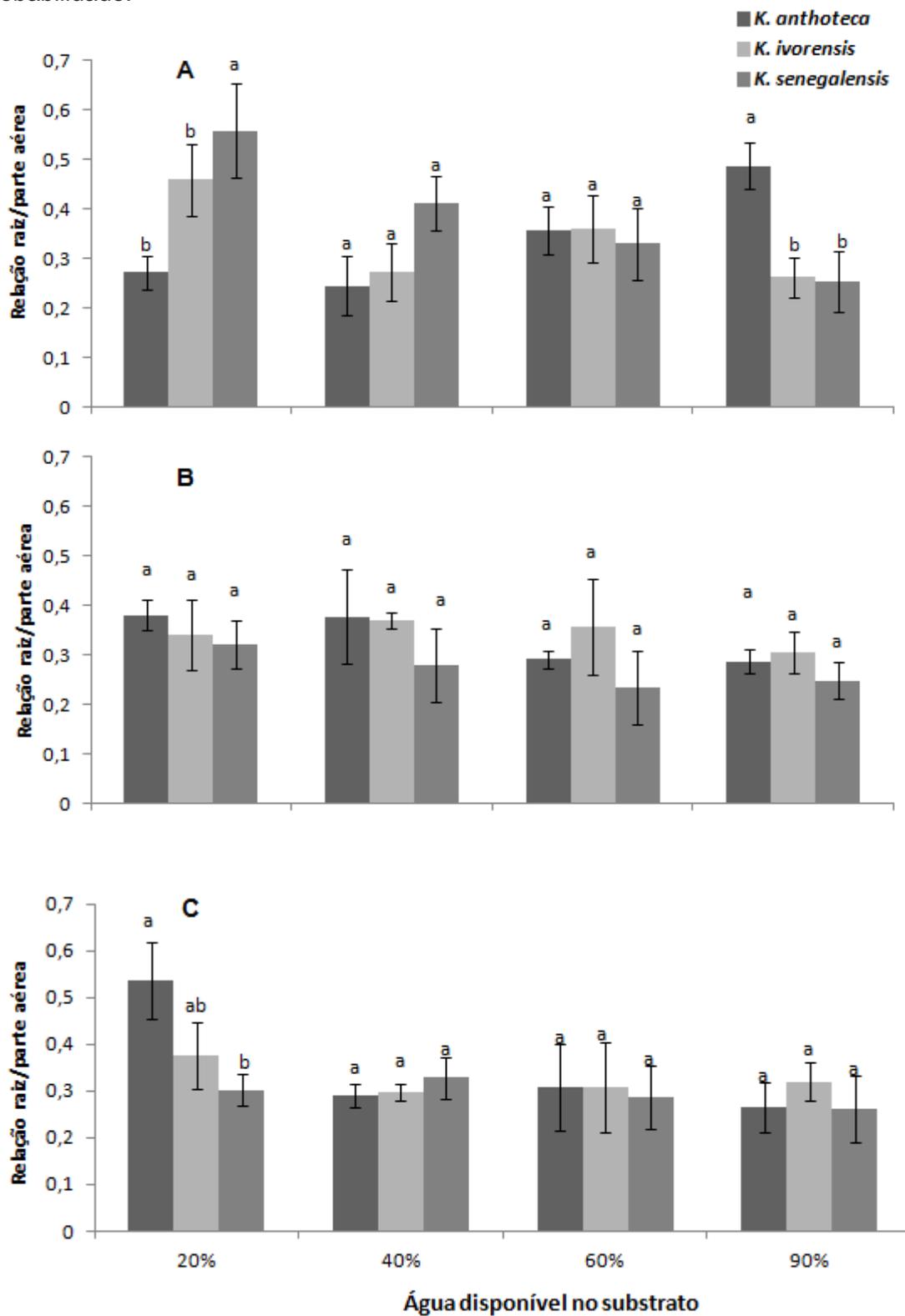
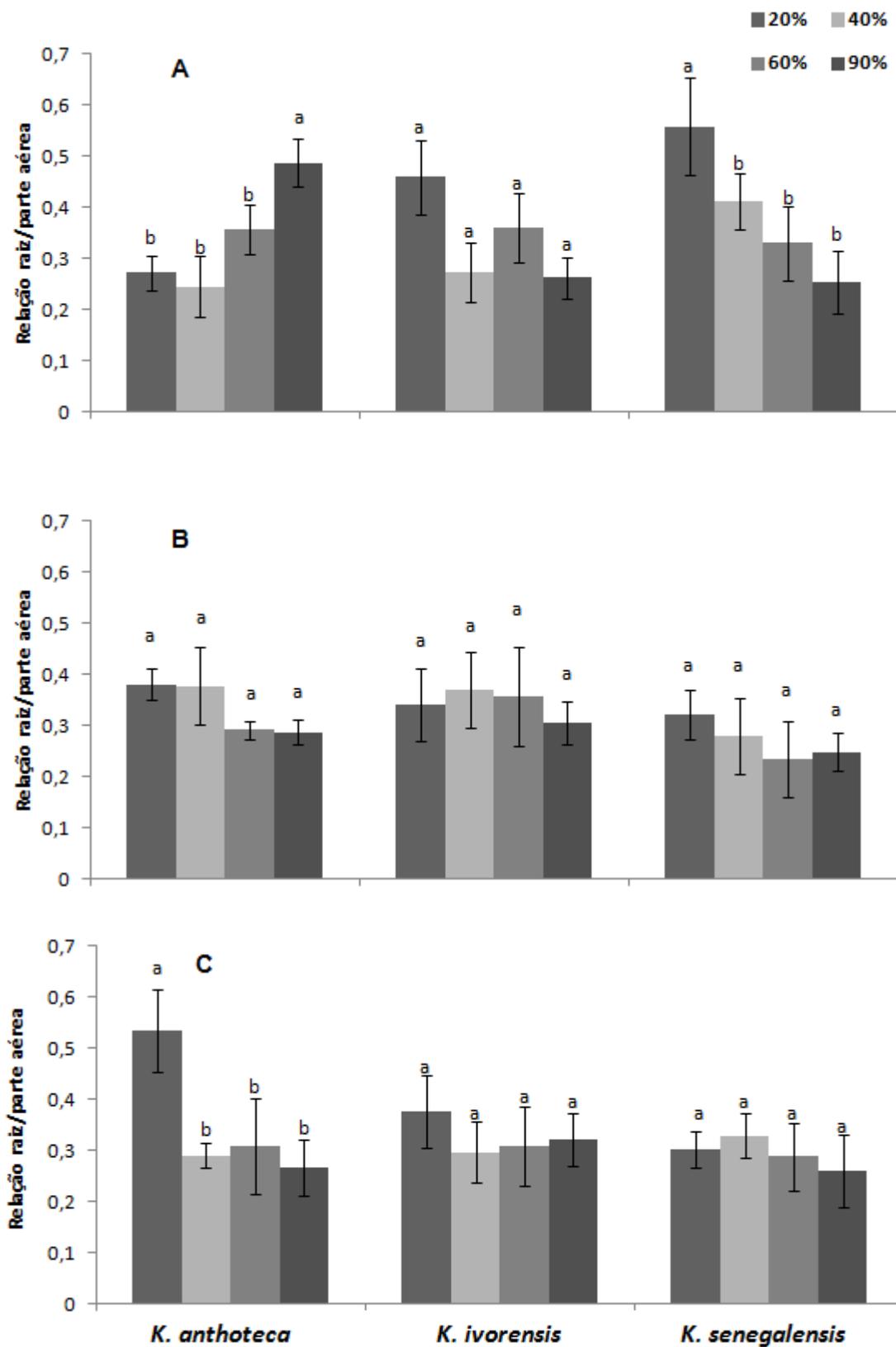


Figura 12: Relação raiz/parte aérea de *K. anthoteca*, *K. ivorensis* e *K. senegalensis* aos 90 dias de experimentação, conduzidas em três diferentes microclimas: A (24,7 °C; 0,30 Kpa), B (28,6 °C; 0,95 Kpa) e C (29,8 °C; 1,70 Kpa), sob níveis de água disponível no substrato, em Jerônimo Monteiro - ES, no período 15 de outubro de 2013 a 14 de janeiro de 2014. *Médias seguidas de mesma letra dentro da mesma espécie não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.



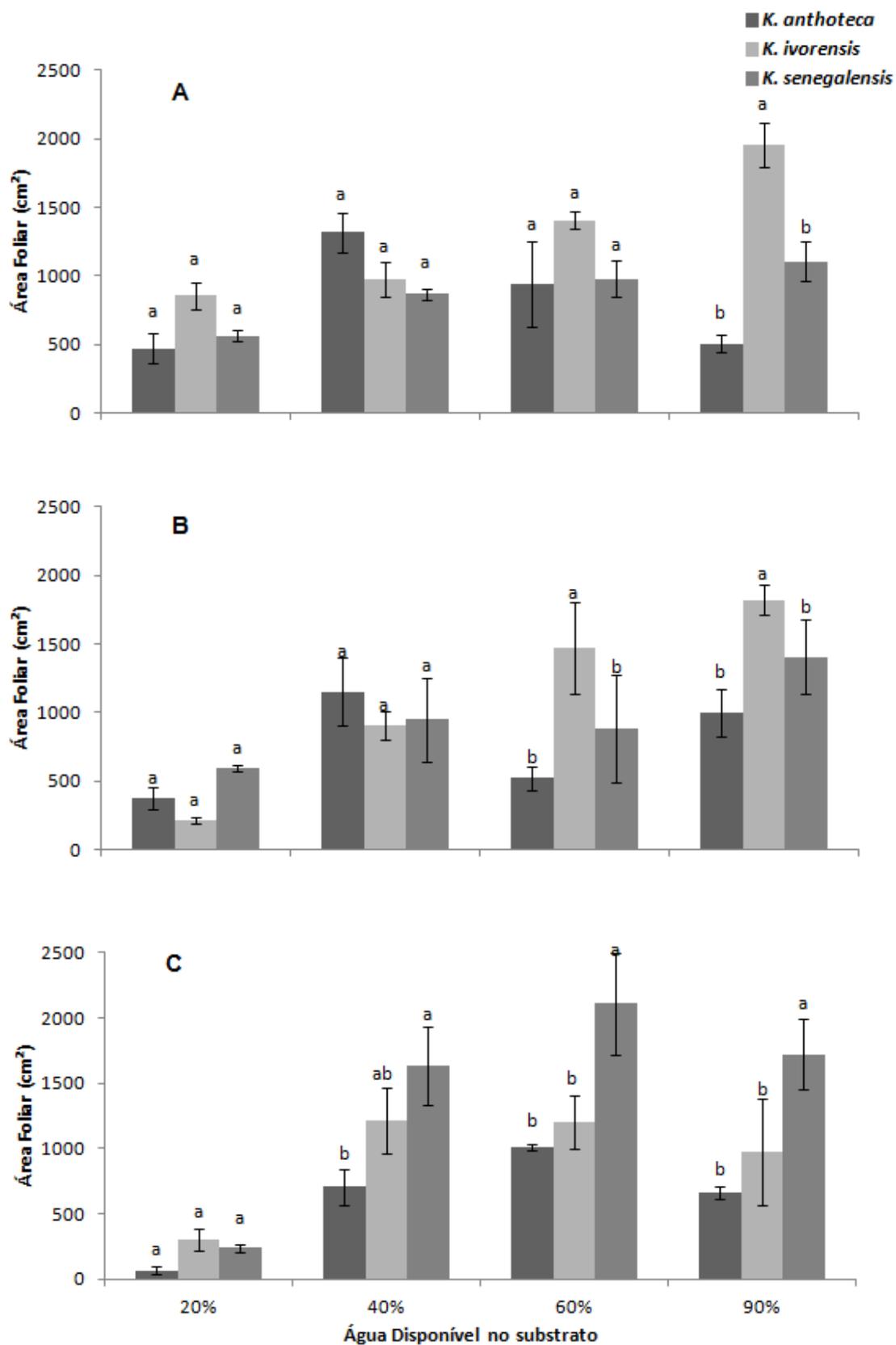
Área foliar

Para a variável área foliar houve interação estatística entre os fatores espécie x níveis de água disponível para todos os microclimas estudados. O detalhamento do fator espécies dentro cada nível de água disponível é apresentado na Figura 13, a qual mostra a semelhança estatística da área foliar entre as espécies nas disponibilidades hídricas de 20, 40 e 60% inseridas no Microclima 1 (Figura 13A). No entanto, neste mesmo microclima, a área foliar de *K. ivorensis* mostrou-se superior no nível de 90% de água disponível no substrato. Em termos percentuais, *K. senegalensis* e *K. anthoteca* apresentaram redução da área foliar de aproximadamente de 100% e 200%, respectivamente, em comparação com *K. ivorensis* (Figura 13A).

No Microclima 2, os níveis mais críticos de deficiência hídrica (20 e 40% da disponibilidade de água) não influenciaram diferentemente o crescimento em área foliar nas espécies de mogno africano. Todavia, *K. ivorensis* apresentou as maiores médias em relação às demais espécies submetidas aos níveis de 60 e 90%, conforme apresentado na Figura 13B. Inseridas no Microclima 2, as espécies *K. anthoteca* e *K. senegalensis* novamente obtiveram igualdade estatística nos níveis de 60 e 90%.

A espécie *K. senegalensis* foi mais beneficiada em relação às demais quanto a variável área foliar no ambiente com maior demanda atmosférica (Microclima 3). Notou-se igualdade estatística das espécies quando submetidas ao nível de 20% de disponibilidade hídrica. A espécie *K. senegalensis* apresentou superioridade de área foliar nos níveis de 40, 60 e 90%, enquanto *K. anthoteca* e *K. senegalensis* foram penalizadas nestas faixas de disponibilidade hídrica (Figura 13C).

Figura 13: Área foliar de *K. anthoteca*, *K. ivorensis* e *K. senegalensis* aos 90 dias de experimentação, conduzidas em três diferentes microclimas: A (24,7 °C; 0,30 Kpa), B (28,6 °C; 0,95 Kpa) e C (29,8 °C; 1,70 Kpa), sob níveis de água disponível no substrato, em Jerônimo Monteiro - ES, no período de 15 de outubro de 2013 a 14 de janeiro de 2014. *Médias seguidas de mesma letra dentro do mesmo nível de água não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

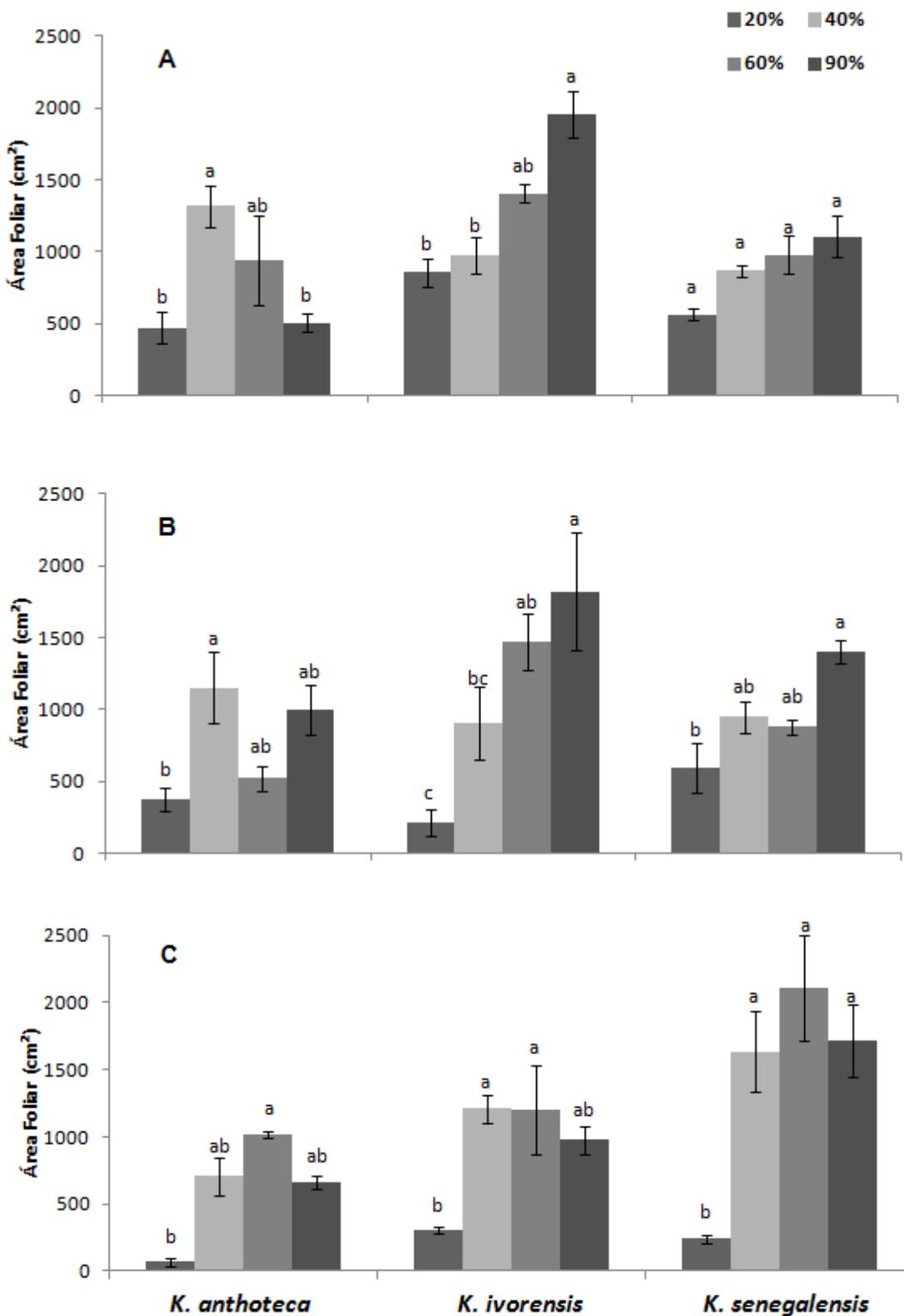


A Figura 14 compara a área foliar em função dos níveis de água disponível para cada espécie. No ambiente com menor DPV, a espécie *K. anthoteca* apresentou um comportamento diferenciado, no qual o nível de 90% penalizou a expansão de área foliar, apresentando médias estatisticamente iguais a disponibilidade de 20%, enquanto os maiores valores da variável foram encontrados nos níveis de 40% e 60%, respectivamente. Entretanto, nas mesmas condições ambientais, *K. ivorensis* apresentou redução considerável de área foliar nos níveis de 20 e 40%, sendo as maiores médias obtidas nas plantas sob 90% de disponibilidade hídrica, embora não diferiram estatisticamente do nível de 60% (Figura 14A).

A variável área foliar foi penalizada quando as plantas de *K. anthoteca* foram submetidas ao nível de 20% de água disponível dentro do Microclima 2, apresentando nestas condições os menores valores médios. Novamente, o nível de 40% proporcionou maior crescimento da variável (Figura 14B). No mesmo microclima, o nível de 20% penalizou consideravelmente a expansão de área foliar das espécies *K. ivorensis* e *K. senegalensis* em relação as maiores médias encontradas com a disponibilidade de 90%.

Sob as condições ambientais do Microclima 3, o nível de 20% de água disponível no substrato não apresentou crescimento satisfatório em área foliar para as espécies, conforme as menores médias apresentada na Figura 14C. Nestas condições ambientais, o crescimento da variável para *K. anthoteca* foi superior o nível de 60% de disponibilidade hídrica, enquanto os valores médios das faixas de 40, 60 e 90% foram superiores e estatisticamente semelhantes tanto para *K. ivorensis* quanto para *K. senegalensis* (Figura 14C)

Figura 14: Área foliar de *K. anthoteca*, *K. ivorensis* e *K. senegalensis* aos 90 dias de experimentação, conduzidas em três diferentes microclimas: A (24,7 °C; 0,30 Kpa), B (28,6 °C; 0,95 Kpa) e C (29,8 °C; 1,70 Kpa), sob níveis de água disponível no substrato, em Jerônimo Monteiro - ES, no período de 15 de outubro de 2013 a 14 de janeiro de 2014. *Médias seguidas de mesma letra dentro da mesma espécie não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.



Altura e Diâmetro

As variáveis altura da planta e diâmetro do coleto apresentaram interação significativa entre os fatores espécie e níveis de água disponível no substrato dentro de todos os microclimas estudados. No Microclima 1, a análise do comportamento das espécies dentro de cada nível revelou que não houve diferenciação estatística da altura do mogno nas disponibilidades de 20 e 60% (Figura 15A), assim como na variável diâmetro nos níveis de 20, 40 e 60% (Figura 17A).

Nos níveis mais críticos de deficiência hídrica (20 e 40%), inseridos no Microclima 2, não existiram diferenças estatísticas entre as espécies na altura (Figura 15B), tampouco no diâmetro do colo (Figura 17B). No entanto, a associação destas condições ambientais aos níveis de 60 e 90% ocasionou uma redução em altura e diâmetro das espécies *K. anthoteca* e *K. senegalensis*, as quais apresentaram os menores valores médios (Figuras 15B e 17B).

As espécies tiveram o mesmo comportamento para estas variáveis frente ao nível mais crítico (20%) de disponibilidade hídrica inserido no Microclima 3 (Figuras 15C e 17C). Este padrão de semelhança entre os mognos também foi observado nos níveis de 60 e 90% quanto ao diâmetro, conforme apresentado na Figura 17. Porém, os valores em altura e diâmetro de *K. anthoteca* e *K. ivorensis* apresentaram as menores médias dentro dos níveis de 60 e 90%, mostrando a penalização do DPV alto no crescimento destas variáveis, embora aplicadas as maiores faixas de disponibilidade hídrica (Figuras 15C e 17C).

A comparação dos níveis de água para cada espécie demonstrou que nas condições ambientais do Microclima 1, a espécie *K. anthoteca* não diferiu estatisticamente quanto a altura (Figura 16A), porém o nível de 20% proporcionou o menor diâmetro para esta espécie (Figura 18A). Neste ambiente, a maior deficiência também proporcionou um menor crescimento *K. ivorensis* para ambos os parâmetros, enquanto para *K. senegalensis* não houve diferenciação estatística, conforme demonstrado nas Figuras 16A e 18A.

O desdobramento dos níveis de água para as espécies no Microclima 2 confirma a tendência de *K. anthoteca* apresentar redução destas variáveis quando submetidas ao nível de 20%, sendo encontradas as menores médias. (Figuras 16B e 18B). A espécie *K. ivorensis* também não obteve crescimento satisfatório de altura e diâmetro quando submetida a 20% da disponibilidade hídrica no Microclima 2. Enquanto os níveis de água aplicados em *K. senegalensis* não se diferenciaram estatisticamente na variável altura (Figura 16B), as disponibilidades de 20 e 40% penalizaram o diâmetro para esta espécie (Figura 18B).

A associação do DPV mais alto com a maior deficiência hídrica (20% de água disponível) proporcionou reduções significativas nas variáveis de crescimento altura e diâmetro do coleto, conforme observado nas Figuras 16C e 18C. Por sua vez, os níveis de 40, 60 e 90% apresentaram semelhança estatística nestas condições ambientais para todas as espécies.

Figura 15: Altura de *K. anthoteca*, *K. ivorensis* e *K. senegalensis* aos 90 dias de experimentação, conduzidas em três diferentes microclimas: A (24,7 °C; 0,30 Kpa), B (28,6 °C; 0,95 Kpa) e C (29,8 °C; 1,70 Kpa), sob níveis de água disponível no substrato, em Jerônimo Monteiro - ES, no período de 15 de outubro de 2013 a 14 de janeiro de 2014. *Médias seguidas de mesma letra dentro do mesmo nível de água não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

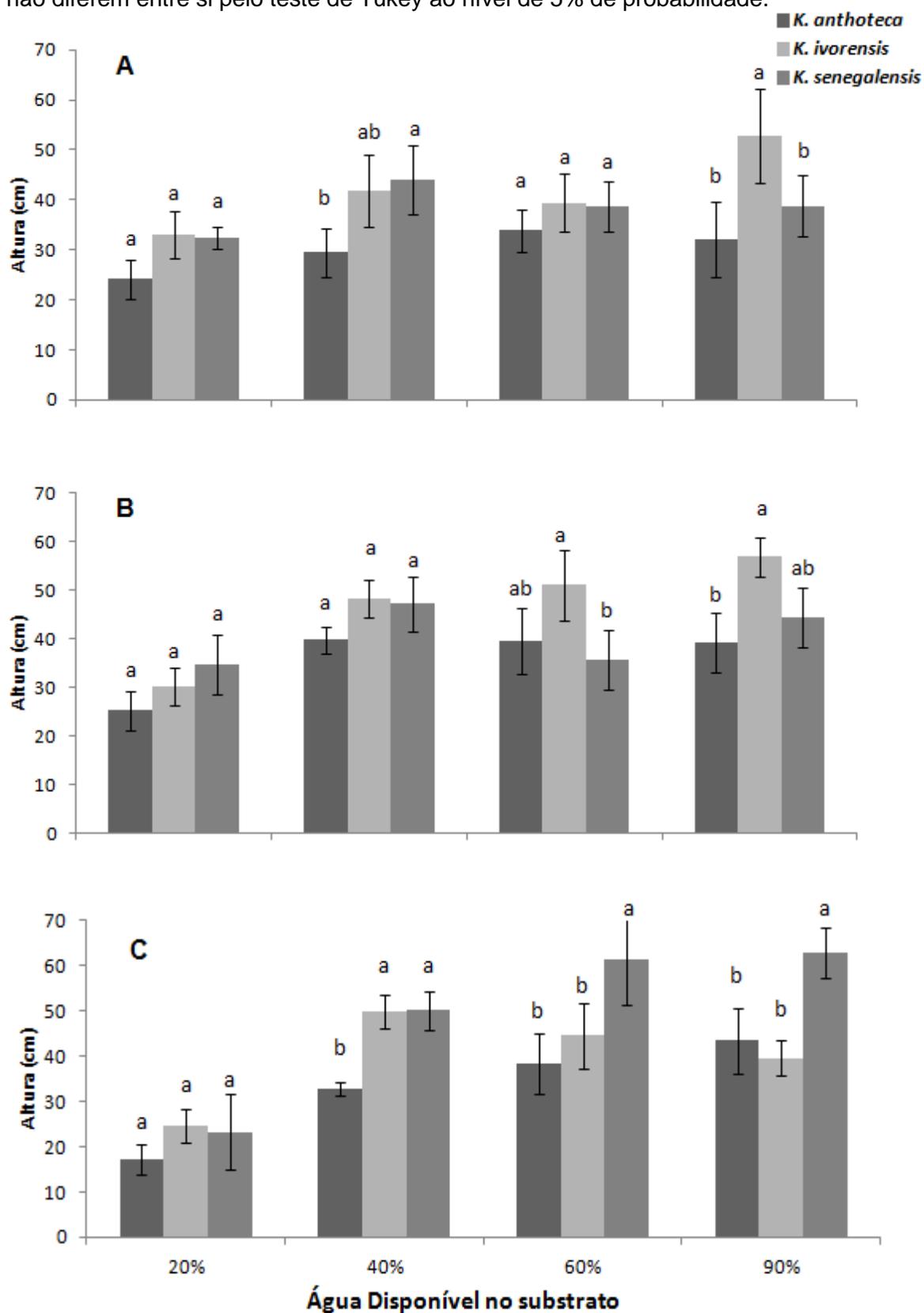


Figura 16: Altura de *K. anthoteca*, *K. ivorensis* e *K. senegalensis* aos 90 dias de experimentação, conduzidas em três diferentes microclimas: A (24,7 °C; 0,30 Kpa), B (28,6 °C; 0,95 Kpa) e C (29,8 °C; 1,70 Kpa), sob níveis de água disponível no substrato, em Jerônimo Monteiro - ES, no período de 15 de outubro de 2013 a 14 de janeiro de 2014. *Médias seguidas de mesma letra dentro da mesma espécie não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

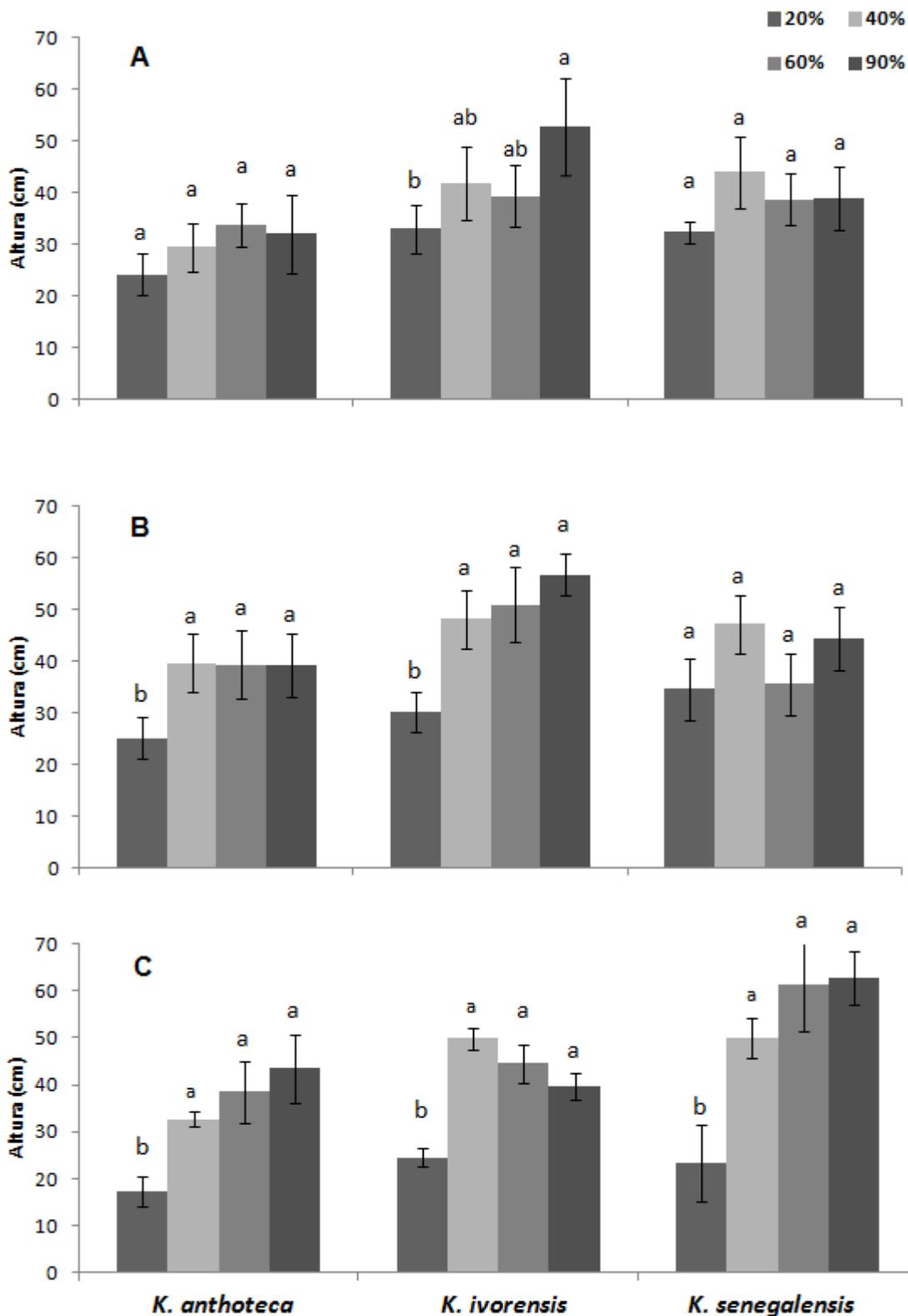


Figura 17: Diâmetro a altura do colo de *K. anthoteca*, *K. ivorensis* e *K. senegalensis* aos 90 dias de experimentação, conduzidas em três diferentes microclimas: A (24,7 °C; 0,30 Kpa), B (28,6 °C; 0,95 Kpa) e C (29,8 °C; 1,70 Kpa), sob níveis de água disponível no substrato, em Jerônimo Monteiro - ES, no período de 15 de outubro de 2013 a 14 de janeiro de 2014. *Médias seguidas de mesma letra dentro do mesmo nível de água não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

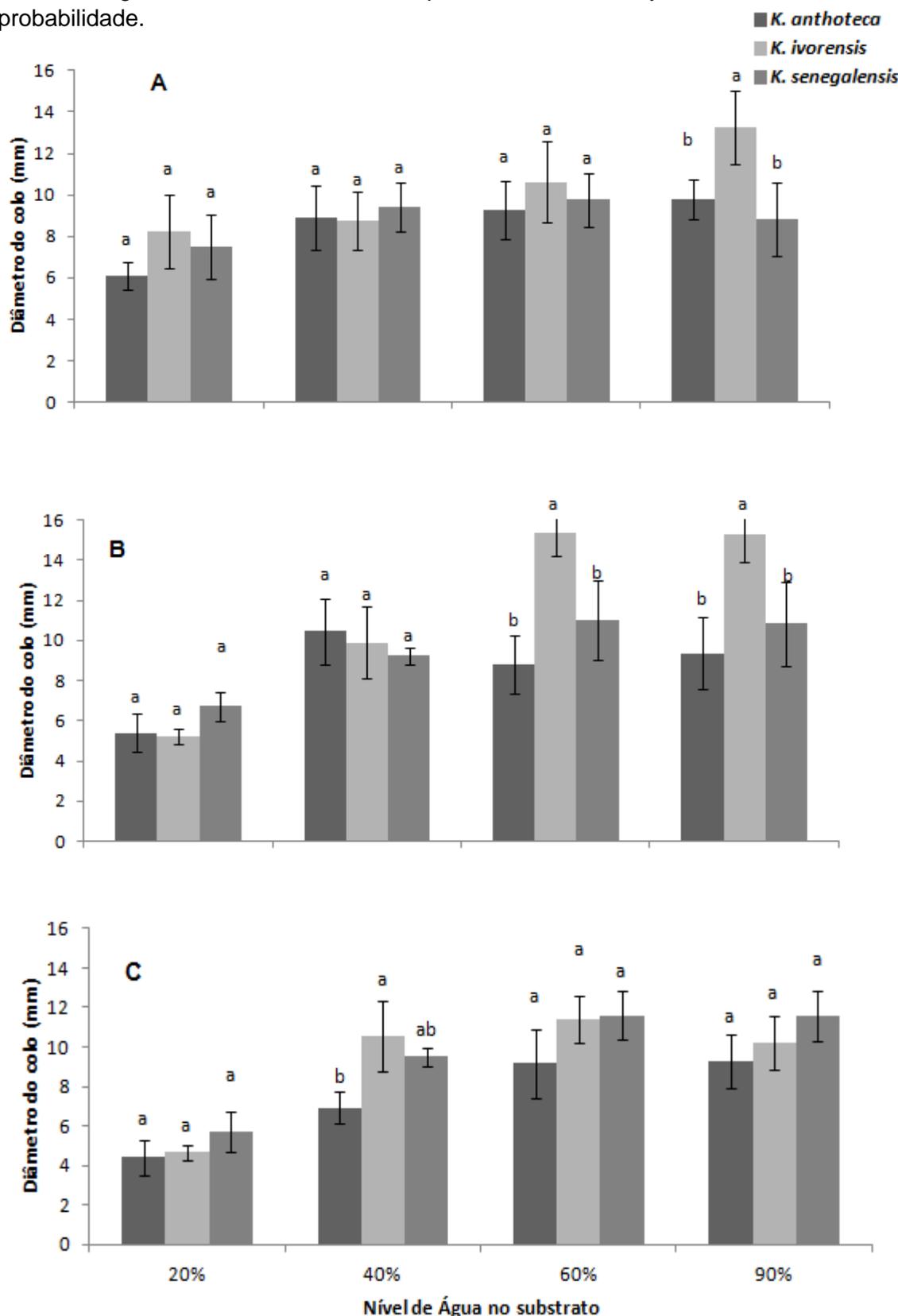
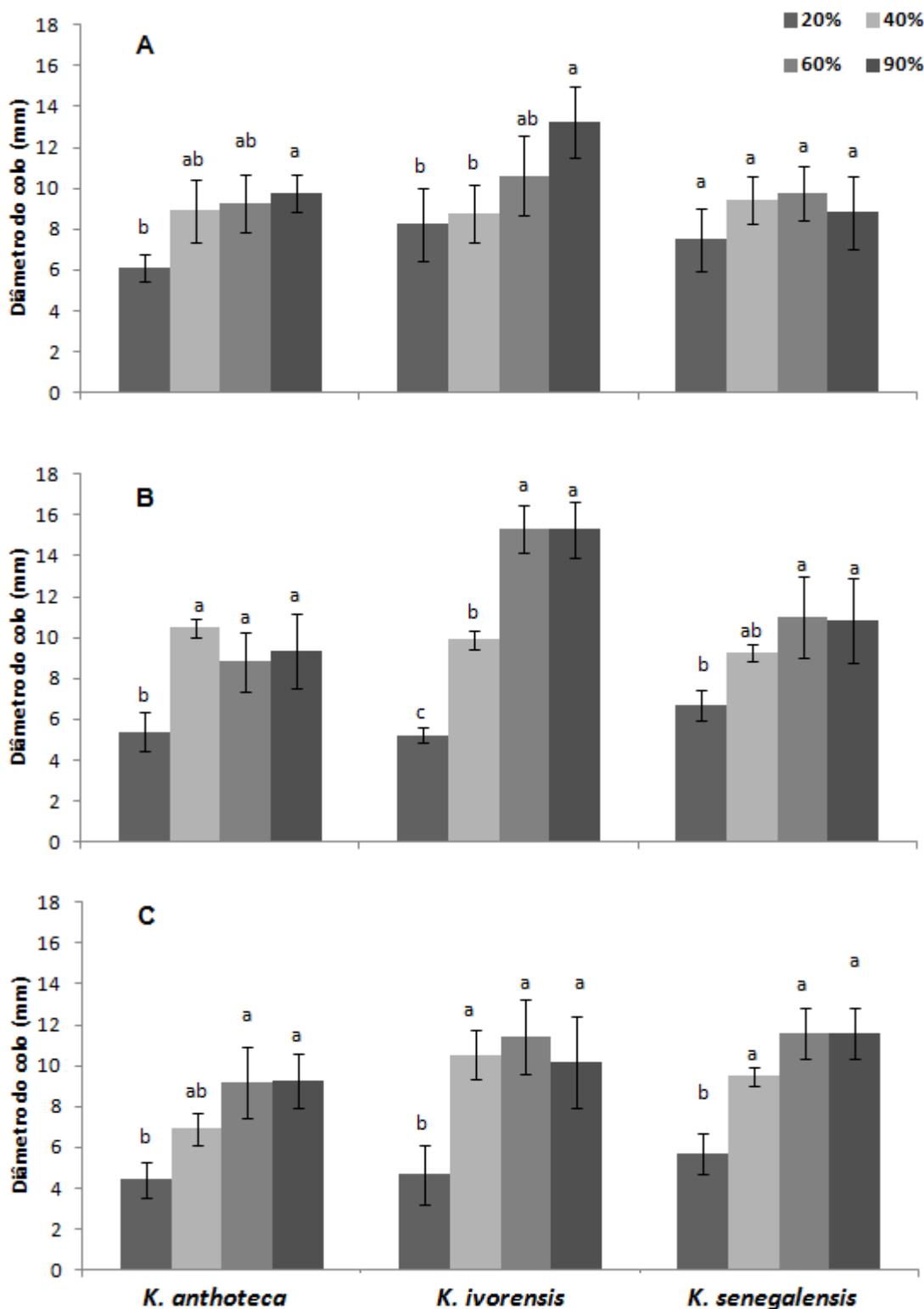


Figura 18: Diâmetro a altura do colo de *K. anthoteca*, *K. ivorensis* e *K. senegalensis* aos 90 dias de experimentação, conduzidas em três diferentes microclimas: A (24,7 °C; 0,30 Kpa), B (28,6 °C; 0,95 Kpa) e C (29,8 °C; 1,70 Kpa), sob níveis de água disponível no substrato, em Jerônimo Monteiro - ES, no período de 15 de outubro de 2013 a 14 de janeiro de 2014. *Médias seguidas de mesma letra dentro da mesma espécie não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.



4.2 TRANSMISSÃO DA RADIAÇÃO SOLAR FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA

As médias de transmissibilidade da radiação fotossinteticamente ativa apresentaram interação significativa entre os fatores espécie e níveis de água disponível no substrato para todos os microclimas estudados.

No ambiente com o DPV mais baixo, o desdobramento das três espécies não diferiu estatisticamente dentro dos níveis de 20 e 60% de disponibilidade hídrica (Figura 19A). Esse comportamento também foi observado dentro dos níveis de 20 e 40% no Microclima 2 (Figura 19B), assim como 20 e 90% no Microclima 3 (Figura 19C).

A menor transmissão de radiação dentro do nível de 40% das plantas inseridas no Microclima 1 foi observada para *K. anotheca*, enquanto na disponibilidade de 90% a menor média coube a *K. ivorensis*, de acordo com a Figura 19A. Por sua vez, nos Microclimas 1 e 2 a parte aérea de *K. anotheca* proporcionou maior entrada de radiação, ocasionando os maiores níveis de radiação transmitida, observados tanto nos níveis de 60 e 90% (Figura 19B), quanto nos níveis de 40 e 60% (Figura 19C).

Na Figura 20 está detalhada a análise das disponibilidades hídricas para cada espécie. Notou-se que a maior condição de deficiência hídrica aumentou consideravelmente a transmissão de radiação fotossinteticamente ativa em praticamente todas as espécies e microclimas. Porém, destaca-se exceção encontrada em *K. senegalensis* no Microclima 1, na qual os níveis de água não resultaram em diferenças estatísticas (Figura 20A).

Figura 19 - Radiação fotossinteticamente ativa transmitida em plantas de *K. anthoteca*, *K. ivorensis* e *K. senegalensis* aos 88 dias de experimentação, conduzidas em três diferentes microclimas: A (24,7 °C; 0,30 Kpa), B (28,6 °C; 0,95 Kpa) e C (29,8 °C; 1,70 Kpa), sob níveis de água disponível no substrato, em Jerônimo Monteiro - ES, no período de 15 de outubro de 2013 a 14 de janeiro de 2014. *Médias seguidas de mesma letra dentro do mesmo nível de água não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

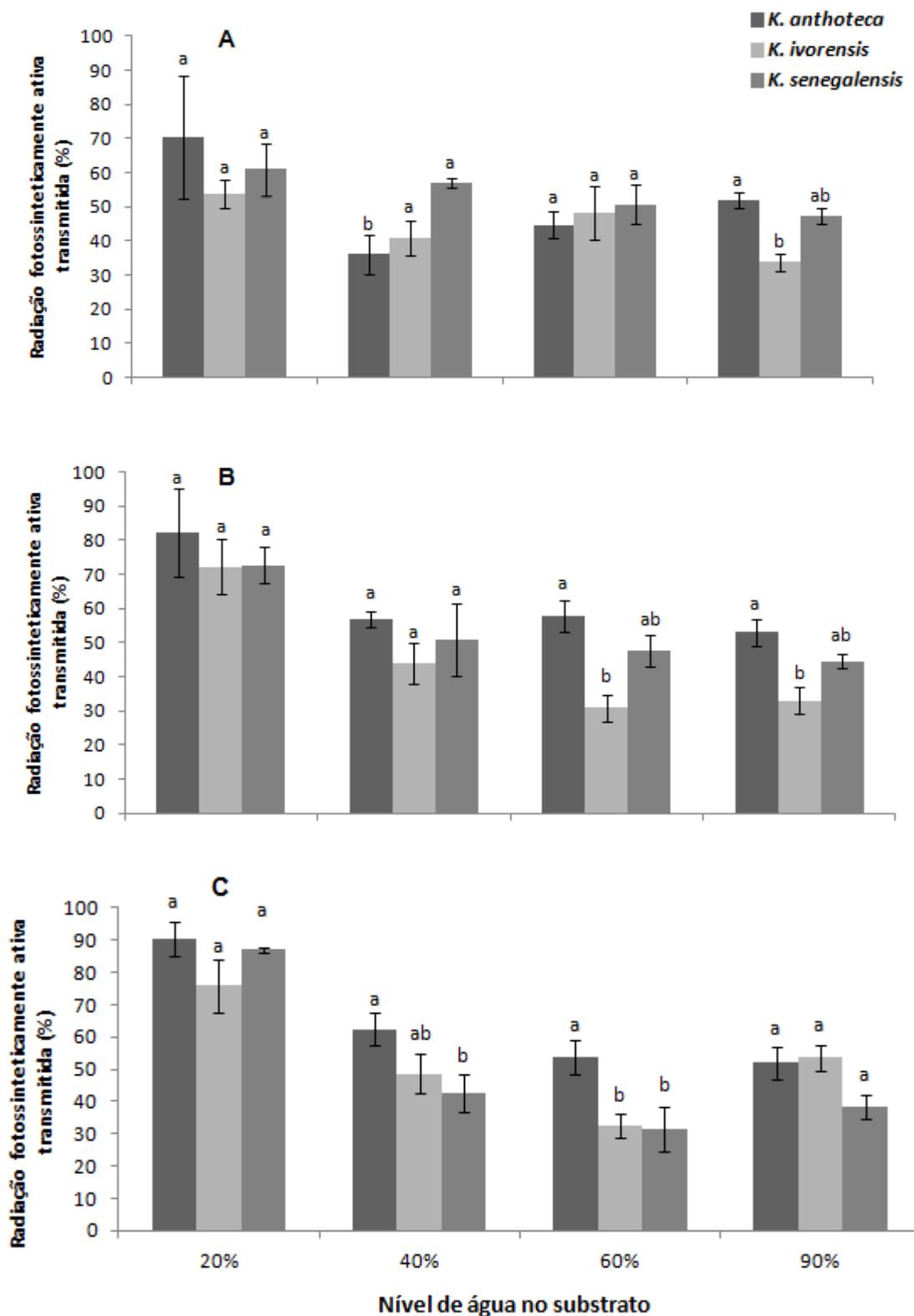
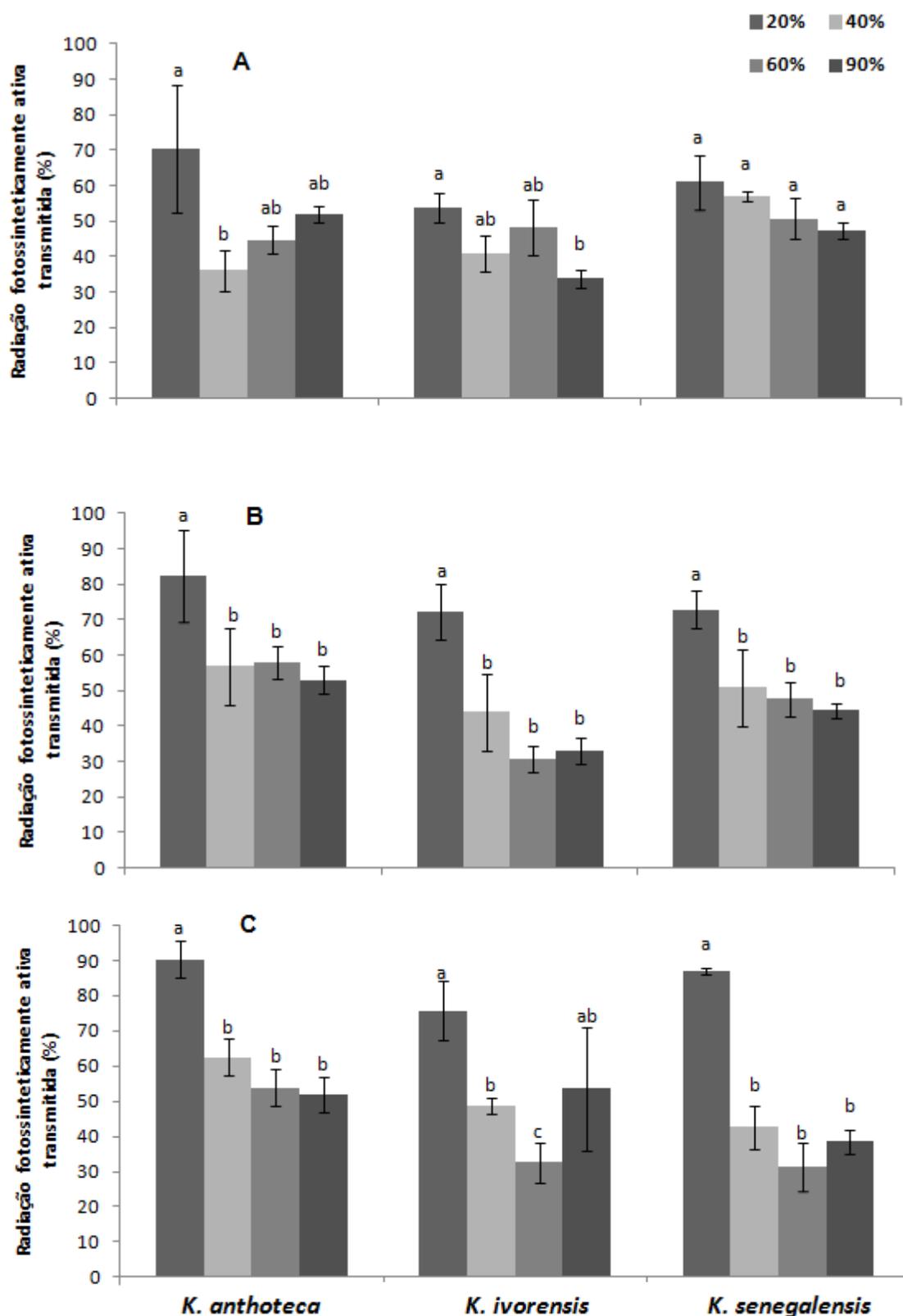


Figura 20 – Radiação fotossinteticamente ativa transmitida em plantas de *K. anthoteca*, *K. ivorensis* e *K. senegalensis* aos 88 dias de experimentação, conduzidas em três diferentes microclimas: A (24,7 °C; 0,30 Kpa), B (28,6 °C; 0,95 Kpa) e C (29,8 °C; 1,70 Kpa), sob níveis de água disponível no substrato, em Jerônimo Monteiro - ES, no período de 15 de outubro de 2013 a 14 de janeiro de 2014. *Médias seguidas de mesma letra dentro da mesma espécie não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.



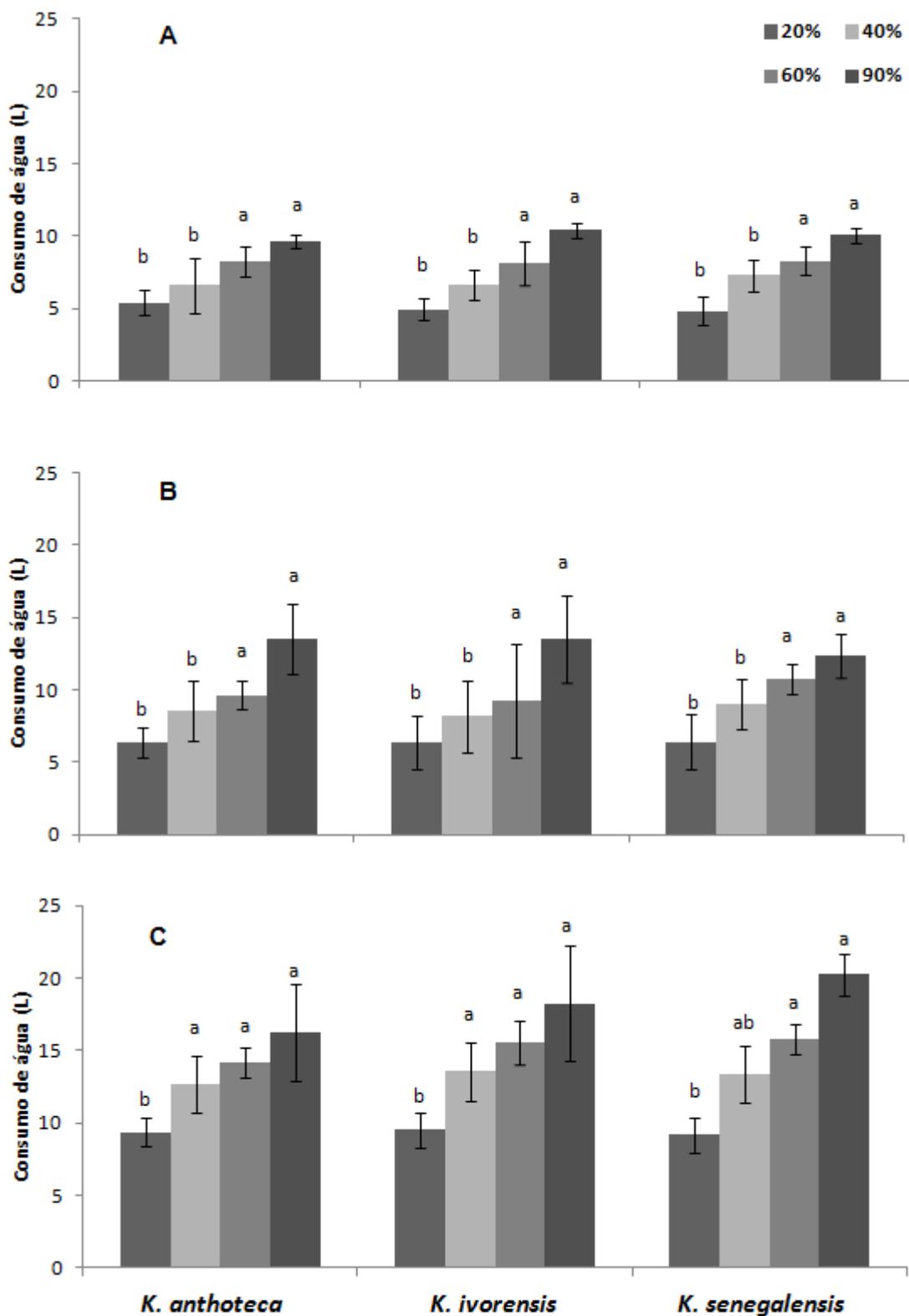
4.3 CONSUMO DE ÁGUA

O consumo de água apresentou interação estatística no desdobramento do fator nível de água para cada espécie, conforme apresentado na Figura 21. Verificou-se que, para todas as espécies, os níveis de 60 e 90% da água disponível apresentaram maior consumo nos Microclimas 1 e 2 (Figura 21A e B). Nestas condições ambientais, as disponibilidades de 20 e 40%, apontaram que com o decréscimo da água disponível no solo as plantas de todos destes apresentaram o mesmo consumo de água.

No entanto, observou-se um padrão diferente no ambiente com maior DPV (Microclima 3). As espécies *K. anthoteca* e *K. ivorensis* apresentaram menor consumo de água quando submetidas ao nível de 20%, enquanto nas demais disponibilidades hídricas as médias foram estatisticamente iguais e superiores (Figura 21C).

Ainda no Microclima 3, o consumo de água pelas plantas de *K. senegalensis* indicam que, embora as menores médias tenham sido observadas pelo tratamento de 20%, o nível de 40% não diferiu estatisticamente das demais disponibilidades, enquanto 60 e 90% demandaram mais água, evidenciado na Figura 21C. Assim, o microclima com maior temperatura e DPV demandou mais água para manter o nível desejado no tratamento.

Figura 21: Consumo de água de *K. anthoteca*, *K. ivorensis* e *K. senegalensis* em três diferentes microclimas: A (24,7 °C; 0,30 Kpa), B (28,6 °C; 0,95 Kpa) e C (29,8 °C; 1,70 Kpa), em Jerônimo Monteiro - ES, no período de 15 de outubro de 2013 a 14 de janeiro de 2014. *Médias seguidas de mesma letra dentro da mesma espécie não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.



5. DISCUSSÃO

As diferenças nas condições climáticas, associadas às distintas disponibilidades de água no substrato, implicaram em alterações no crescimento das espécies de mogno africano. Estes fatores externos estão diretamente relacionados à fisiologia de *Khaya* spp., o que evidenciou o comportamento das plantas diante dos estresses ambientais e possibilitou a identificação das espécies com maior crescimento inicial nos microclimas estudados.

No Microclima 1, caracterizado por apresentar os menores valores de temperatura do ar e DPV, os níveis elevados de água no substrato favoreceram o desenvolvimento de *K. ivorensis* em relação as demais espécies, principalmente quanto as variáveis produção de massa seca e área foliar. Estas condições beneficiaram os processos fotossintéticos de *K. ivorensis*, neste aspecto, Larcher (2006) afirma que a produção da massa seca da planta acontece quando o carbono que não é consumido pela respiração é utilizado para o crescimento.

Nesse contexto, Lemos Filho (2000) ressalta que a quantidade de energia radiante que atinge o complexo coletor de luz dos fotossistemas pode conduzir a um ganho ou perda na eficiência das reações fotoquímicas. Além disso, o estresse hídrico pode causar elevada inibição da fotossíntese, em virtude da maior resistência difusiva e da consequente redução na assimilação do CO₂, diminuindo o crescimento da planta (PEAK et al. 2004). De acordo com Pinheiro e Chaves (2011), esses eventos são decorrentes da redução da turgescência das células-guardas dos estômatos, seguidos pelo fechamento dos poros estomáticos.

No Microclima 1, as condições mais severas de déficit hídrico proporcionaram semelhanças de crescimento entre as espécies, indicando uma padronização de crescimento quando restringe-se água no substrato. No entanto, ao comparar os diferentes níveis de água no solo, nota-se que mesmo no microclima mais ameno a restrição hídrica proporcionou valores inferiores nas variáveis de crescimento. Estudos com mudas de espécies florestais evidenciam a redução no crescimento de massa seca em influenciada pelo

estresse hídrico, como as pesquisas com *Eucalyptus* spp. realizadas por Kameli e Lösel (1996), Susiluoto e Berninger (2007), Rad et al. (2011) e Xavier (2014).

A espécie *K. ivorensis* apresentou crescimento superior frente as demais espécies no ambiente com temperatura alta de DPV intermediário quando há grande quantidade de água disponível no substrato, tendo seu crescimento reduzido nos níveis mais severos de restrição hídrica. Neste sentido, Taiz e Zeiger (2013) afirmam que a menor disponibilidade de água tende ao menor crescimento de plantas, uma vez que a restrição de água pode afetar os processos metabólicos de crescimento, limitando o crescimento inicial, causando inclusive a diminuição da área foliar.

Sabe-se que, frequentemente, as plantas estão sujeitas a combinação de alta temperatura e pleno sol (ALVES, 1998), tornando-se em uma condição de alta demanda atmosférica do ambiente, como evidenciado nos Microclimas 2 e, principalmente, 3. Neste cenário, ressalta-se que as temperaturas extremas afetam o funcionamento do sistema de evolução do oxigênio (YAMASHITA; BUTLER, 1968), o que resulta na liberação dos íons de manganês do complexo. Assim, a limitação da fotossíntese devido à taxa de regeneração da rubisco inclui a limitação das enzimas do ciclo que regeneram a rubisco a partir de triose fosfato, a limitação da taxa de transporte de elétrons e a limitação da produção, exportação e utilização da sacarose (WOODROW, 1994).

Neste sentido, os efeitos de temperaturas altas no crescimento de mogno africano foram potencializados quando a condição hídrica do substrato não foi suficiente para atender a demanda. Assim, para que a alta demanda destes ambientes não se torne um fator altamente estressante para as plantas de *Khaya* spp., torna-se necessário que haja disponibilidade hídrica para atender a alta demanda por translocação de água do solo para a planta, e posteriormente, para a atmosfera.

Uma tendência parecida foi observada por Santos (2013) ao avaliar o desenvolvimento inicial de *Joannesia princeps* Vell. submetida a diferentes condições microclimáticas e de disponibilidade hídrica. Essa espécie, típica da Mata Atlântica, obteve resultados de crescimento atenuados por condições

mais amenas de DPV, enquanto foram observados resultados expressivos nos ambientes com temperatura superior e alta umidade relativa do ar, sobretudo quando havia maiores níveis de água disponível no solo.

Todavia, este princípio de disponibilidade de água foi observado com menor impacto nas plantas de *K. anthoteca* e *K. senegalensis* inseridas nos microclimas com DPV baixo e intermediário, em que valores médios mostraram uma reduzida massa seca, área foliar, altura e diâmetro, além de uma redução da radiação fotossinteticamente ativa transmitida ao longo do gradiente hídrico. Assim, nestas condições ambientais, parece ser desnecessária a adição de água após o nível de 40% para aumentar o crescimento inicial das espécies *K. anthoteca* e *K. senegalensis*.

Entre as espécies de mogno africano comercializadas, *K. senegalensis* é conhecida no mercado como a mais tolerante ao ambiente considerado estressante, sendo inclusive amplamente cultivada em regiões da Austrália com altas temperaturas e DPV relativamente altos (ARNOLD et al., 2004). O presente estudo também demonstrou a superioridade dos parâmetros de crescimento para *K. senegalensis* no ambiente com maior poder evaporante. O acréscimo de água disponível no substrato influenciou diretamente no ganho de biomassa, expansão foliar, altura e diâmetro da espécie. Neste caso, o aumento de temperatura provavelmente acelerou a taxa fotossintética e como consequência notou-se o aumento em seu crescimento.

Sabe-se que a baixa disponibilidade de água pode restringir ainda mais o crescimento da planta e, potencialmente, aumentar a fotoinibição em temperaturas extremas (RODEN e BALL, 1996). Segundo Long et al. (1994), a fotoinibição é um processo fisiológico caracterizado pela redução lenta e reversível da fotossíntese como resultado da exposição à luz solar plena. Sabe-se que a suscetibilidade à fotoinibição é dependente, sobretudo da espécie e do ambiente de luz de crescimento (OSMOND, 1994).

Quanto as espécies *K. anthoteca* e *K. ivorensis*, o acréscimo de água após o nível de 60% não foi suficiente para permitir o aumento de crescimento destas espécies sob as condições estressantes do microclima 3. Após este nível, houve uma estabilização do crescimento, principalmente dos parâmetros

de massa seca e área foliar, o que influenciou na retomada de crescimento da transmissão de radiação fotossinteticamente ativa nestas duas espécies.

Outro importante aspecto para discussão e entendimento das diferenças ecofisiológicas está relacionado ao centro de origem geográfica de cada espécie no Continente Africano. Portanto, os fatores climáticos da localização geográfica natural e sua relação com os resultados deste estudo devem ser considerados. Ao observar a localização natural das espécies, conforme apresentada na Figura 1, verifica-se que enquanto *K. ivorensis* aparece naturalmente em países próximos à linha do Equador e com DPV mais amenos, *K. anthoteca* e *K. senegalensis* tem sua localização natural dispersas no Continente Africano e em países com maiores temperaturas associadas a maiores condições de DPV (PINHEIRO, 2011).

Sabe-se que as plantas apresentam faixas ótimas de temperatura e déficits de pressão de vapor, as quais permitem que suas atividades de produção de biomassa sejam máximas (TAIZ; ZEIGER, 2013). Partindo deste princípio, observa-se que o déficit de pressão de vapor mais estressante, imposto no ambiente 3, é superior a média das regiões de origem geográfica de *K. ivorensis*, o que parece corroborar para explicar sua menor produção quando submetida aos microclimas 1 e 2 (LAMPRECHT, 1990). Neste sentido, as características ambientais da região de origem de uma determinada espécie são bons indicativos para definição dos limites de adaptação de materiais genéticos (ODUM, 1971), e logo auxiliam na compreensão do seu comportamento quando submetidas a diferentes condições climáticas.

Por sua vez, a taxa de radiação fotossinteticamente ativa transmitida por plantas de mogno acompanhou, de maneira inversa, a expansão em área foliar nos tratamentos. Neste contexto, a expansão das folhas, além de potencializar a captação da energia solar utilizada em processos fotossintéticos e aumentar a taxa de reflexão, diminui a passagem da radiação através da copa. As condições ambientais e de disponibilidade hídrica influenciam diretamente na produtividade florestal. Martins (2007), estudando *Eucalyptus grandis*, verificou redução da área foliar em plantas sob déficit hídrico, assim como Lopes et al. (2007) e Ge et al. (2012) ao avaliarem outras espécies.

A tolerância a estresse hídrico e atmosferas mais secas varia conforme as espécies, algumas das quais desenvolvem mecanismos de adaptação, como o desenvolvimento profundo e extenso crescimento de raízes para captação de água em solos com estresse hídrico (REIS et al., 2006; VALLINI, et al., 2008). De maneira geral, os mognos apresentaram esse padrão, uma vez que os valores da razão raiz/parte aérea mostram-se maiores em níveis mais estressantes de água no solo. Entretanto, *K. anthoteca* apresentou comportamento inverso no ambiente com menores temperaturas médias e DPV. O reduzido crescimento desse mogno em todos os demais parâmetros de crescimento ao longo dos níveis de disponibilidade hídrica ajuda a explicar o seu comportamento atípico quanto à relação de raiz e parte aérea.

No Estado do Pará, Albuquerque et al. (2013), ao estudarem a ecofisiologia de plantas jovens de *K. ivorensis* em condições ambientais médias semelhantes ao Microclima 2 deste experimento, constataram o importante papel da água em seu crescimento inicial, ressaltando entretanto que a espécie é considerada tolerante a estresses hídricos moderados. Os mesmos pesquisadores concluíram que, com até 14 dias de suspensão da irrigação, o status hídrico das plantas jovens e as trocas gasosas são plenamente recuperados após sua reidratação.

Nesse contexto, a diversidade de respostas das plantas aos diferentes microclimas ocorre não somente ao nível de espécie, mas pode ser também evidenciado dentro de distintas variedades ou mesmo em materiais genéticos oriundos de hibridação. Este princípio foi comprovado por Xavier (2013) ao verificar distintos comportamentos de quatro clones do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis*, os quais foram inseridos em dois ambientes com demandas atmosféricas diferentes e associadas ao déficit hídrico moderado. Notou-se que o clone com desenvolvimento superior no ambiente com maior poder evaporante do ar não foi o mesmo em condições de baixa demanda atmosférica, quando estes apresentavam alto nível de água disponível no substrato.

Assim, evidencia-se a importância da geração de conhecimentos sobre os efeitos da temperatura do ar e do déficit de pressão de vapor sobre o crescimento de *Khaya* spp. submetidas à diferenciada disponibilidade de água

no substrato. A partir de então, obtém-se informações para empregar medidas de mitigação e adaptação, dando suporte ao setor florestal na tomada de decisões.

6. CONCLUSÕES

As características de crescimento das espécies de mogno africano foram influenciadas de maneira distinta frente às modificações ambientais e disponibilidade de água no substrato.

Sem restrição hídrica no solo, água próximo à capacidade de campo, a espécie *K. ivorensis* apresentou maior crescimento inicial nos microclimas estudados, no entanto, não diferiu de *K. senegalensis* no microclima de maior demanda atmosférica (maior temperatura e alto DPV).

A restrição hídrica, água disponível abaixo de 40%, penalizou o crescimento inicial das espécies de *Khaya*, não havendo diferenças entre os mognos estudados.

7. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, M. P. F.; MORAES, F. K. C.; SANTOS, R. I. N.; CASTRO, G. L. S.; RAMOS, E. M. L. S.; PINHEIRO, H. A. Ecofisiologia de plantas jovens de mogno africano submetidas a déficit hídrico e reidratação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.1, p.9-16, jan. 2013.

ALMEIDA, D. S. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. 1. ed. Ilhéus: Editus, 2000, 130p.

ALVES, M. S. **Produção e qualidade de mudas de mogno africano cultivadas com solução nutritiva**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista. 64 p. 2013.

ALVES, P. L. C. A. **Comportamento fotossintético de duas espécies de eucalipto sob condições fotoinibitórias: alterações fotoquímicas em resposta a alta irradiância e baixa temperatura**. 1998. 189 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Programa de Pós Graduação em Biologia Vegetal - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas. 1998.

ARNOLD, R.; REILLY, D.; DICKINSON, G.; JOVANOVIĆ, T. (2004) Determining the climatic suitability of *K. senegalensis* for plantations in Australia. **Working Paper**, Mareeba, v. 18, p. 1-10, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). **Anuário estatístico da ABRAF 2013 - ano base 2012**. Brasília, DF, 2013. 140 p.

CONDE, R. A. R. **Controle silvicultural e mecânico da broca do mogno *Hypsipyla grandella* (Zeller, 1948) em sistema agroflorestal**. 2006. 190p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2006.

CUNHA, R. L. M. **Comportamento ecofisiológico do mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King) e do mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) submetidos à adubação potássica nas condições edafoclimáticas de Igarapé Açu – PA, Amazônia Oriental**. 122p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2010.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 212 p. 1997.

FURTADO, F. D. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GASPAROTTO, L.; HANADA, R. E.; ALBUQUERQUE, F. C.; DUARTE, M. L. R. Mancha areolada causada por *Thanatephorus cucumeris* em mogno africano. **Fitopatologia Brasileira** n. 26, 2006.

GE, Z. M.; ZHOU, X.; KI, S. K.; PELTOLA, H.; BIASI, C.; SHURPALI, N.; MARTIKAINEN, P.J.; WANG, K.Y. Measured and modeled biomass growth in relation to photosynthesis acclimation of a bioenergy crop (Reed canary grass) under elevated temperature, CO₂ enrichment and different water regimes. **Biomass and Bioenergy**, [S.l.], v. 46, p. 251 - 262, 2012.

GROGAN 2001. In GROGAN, J.; BARRETO, P.; VERÍSSIMO, A. **Mogno na Amazônia Brasileira: ecologia e perspectivas de manejo**. 2002. p. 12-14.

GUIMARÃES, K. V.; MARINHO, P. S. B.; SILVA, M. F. G. V.; FERNANDES, J. B.; VIEIRA, P. C.; MÜLLER, M. W. 2004. **Limonóides isolados na família Meliaceae**. XXVI Reunião Anual sobre Evolução, Sistemática e Ecologia Micromoleculares.

HUSCH B, MILLER C.I., BEERS T.W. **Forest Mensuration**. 3 ed. New York: John Wiley & Sons; 1982. 156p.

KAMELI, A.; LÖSEL, D. M. Growth and sugar accumulation in durum wheat plants under water stress. **New Phytologist**, v. 132, p. 57-62, 1996.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas, possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. 1 ed. Eschborn: GTZ, 1990. 343 p.

LANE, P. N. J.; MORRIS J.; NINGNAN.Z.; GUANGYI, Z.; GUOYI, Z; DAPING, X. Water balance of tropical eucalypt plantations in south-eastern China. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.124, p. 253-267, 2004.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. 3 ed. São Carlos: Rima, 2006. 550p.

LEMO-FILHO, J.P. Fotoinibição em três espécies do cerrado (*Annona crassifolia*, *Eugenia dysentericae* e *Campomanesia adamantium*) na estação seca e na chuvosa. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23: p. 45-50, 2000.

LIMA, J. S. de S.; SILVA, S. de A.; OLIVEIRA, R. B. de; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C. Variabilidade temporal da precipitação mensal em Alegre - ES. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 39, n. 2, p. 327-332, 2008.

LONG, S.P.; HUMPHRIES, S.; FALKOWSKI, P.G. Photoinhibition of photosynthesis in nature. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.45, p.633-662, 1994.

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C. Qualidade de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e dois tipos de substrato. **Revista Árvore**, Viçosa. v. 31, n. 5, p. 835-843, 2007.

MAROYI, A., 2008. *Khaya anthoteca* (Welw.) C. DC. [internet] Record from protabase. LOUPPE, D., OTENG-AMOAKO, A. A.; BRINK, M. (Editors). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa/Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands. <<http://database.prota.org/search.htm>>. Acesso em 15 fev. 2014.

MARTINS, F. B. **Desenvolvimento e estresse hídrico em mudas de *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) e *Eucalyptus saligna* (Smith)**. 2007. 72f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Santa Maria. 2007.

MIELKE, M.S. **Regulação fisiológica e ambiental das trocas gasosas num plantio clonal de híbridos de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden**. Viçosa: UFV, 1997. 92f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

MIELKE, M. S. Leaf gas exchange in a clonal eucalypt plantation as related to soil moisture, leaf water potential and microclimate variables. **Trees**, v. 14, p.263 - 270, 2000.

NIKIEMA, L.; PASTERNAK, D. 2008. *Khaya senegalensis* A. Chev. [internet] Record from protabase. LOUPPE, D., OTENG-AMOAKO, A. A.; BRINK, M. (Editors). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa/Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands. <<http://database.prota.org/search.htm>>. Acessado em 22 fev. 2014.

ODUM, E.P. **Fundamentals of Ecology**. Edition. Saunders, Philadelphia, p. 574. 3. ed. 1971.

OSMOND, C. B. What is photoinhibition? Some insights from comparison of shade and sun plants. In: BAKER, R. R.; BOWYER, J. R. (Ed.). **Photoinhibition of photosynthesis: from molecular mechanisms to the field**. Oxford: Bios Scientific Publ., p.1-24.1994.

PEAK, D.; WEST, J.D.; MESSINGER, S.M.; MOTT, K.A. Evidence for complex, collective dynamics and emergent, distributed computation in plants. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.101, p.918-922, 2004.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: 1. ed. Agropecuária, 2002.

PINHEIRO, A. L.; COUTO, L.; PINHEIRO, D. T.; BRUNETTA, J. M. F. C. **Ecologia, silvicultura e tecnologia de utilização dos mognos africanos: *Khaya spp.*** 1. ed. Viçosa-MG: SBAG, 2011. 102p.

PINHEIRO, C.; CHAVES, M. Photosynthesis and drought: can we make metabolic connections from available data? **Journal of Experimental Botany**, v.62, p.869-882, 2011.

RAD, M.H. Effects of different soil moisture regimes on leaf area index, specific leaf area and water use efficiency in *Eucalyptus* (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh) under dry climatic conditions. **Asian Journal of Plant Sciences**, v. 10, n. 5, p. 294-300, 2011.

RAVEN P. H.; EVERT R. F.; EICHHORN S. E. **Biologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 6. ed 2000.

REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; FORTAN, I.C.I.; MONTE, M.A.; GOMES, A.N.; OLIVEIRA, C.H.R. Crescimento de raízes e da parte aérea de clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla* e de *Eucalyptus camaldulensis* X *Eucalyptus* spp submetidos a dois regimes de irrigação no campo. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.6, p.921-931, 2006.

RODEN, J. S.; BALL, M. C. The effect of elevated [CO₂] on growth and photosynthesis of two eucalyptus species exposed to high temperatures and water deficits. **Plant Physiology**, v. 111, p. 909-919, 1996.

SANTOS, S. O. **Crescimento inicial de *Joannesia princeps* Vell. sob diferentes condições microclimáticas associadas à deficiência hídrica**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Programa de Pós Graduação em Ciências florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro. 52 f. 2014.

SILBERSTEIN, R. P.; SIVAPALAN, M.; VINEY, N. R.; HELD, A; HATTON.T.J. Modelling the energy balance of a natural jarrah (*Eucalyptus marginata*) forest. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.115, p.201-230, 2003.

STAPE, J.L. 2002. **Production ecology of clonal *Eucalyptus* plantations in northerastern Brazil**. 2002. 225 f. Thesis (Ph.D. in Forest Sciences) - Colorado State University, Fort Collins. 2002.

SUSILUOTO, S.; BERNINGER, F. Interactions between morphological and physiological drought responses in *Eucalyptus microtheca*. **Silva Fennica**, v. 41, n. 2, p. 221–233, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Piracicaba: Ed. Artmed, 5. ed., 2013.

TATAGIBA, S. D. **Crescimento inicial, trocas gasosas e status hídrico de clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação**. 2006. 128 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2006.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F. Comportamento fisiológico de dois clones de Eucalyptus na época seca e chuvosa. **Cerne**, v. 13, n. 2, p.149-159, 2007.

TEIXEIRA, V. C. M. **Avaliação da usinagem da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.)**. 2011. 35 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2011.

TROPPIAIR, H. **Biogeografia e Meio Ambiente**. 4. ed., UNESP, Rio Claro, 1995.

VELLINI, A. L. T. T.; PAULA, N. F.; ALVES, P. L. C. A.; PAVANI, L. C.; BONINE, C. A. V.; SCARPINATI, E. A.; PAULA, R. C. Respostas fisiológicas de diferentes clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n.4, p. 651-663, 2008.

XAVIER, T. M. T. **Crescimento de mudas clonais de eucalipto sob diferentes condições microclimáticas associadas à deficiência hídrica**. 2014. 104 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2014.

YAMASHITA, T.; BUTLER, W. L. Inhibition of chloroplasts by UV irradiation and heattreatment. **Plant Physiology**, v. 43, p. 2037-2040.1968.