



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA**

**JOSÉ DIONIS MATOS ARAÚJO**

**DESENVOLVIMENTO DE ESPÉCIES ARBÓREAS SOB DOIS REGIMES**  
**HIDRÍCOS EM ACARAÚ, CE.**

**FORTALEZA**

**2014**

JOSÉ DIONIS MATOS ARAÚJO

DESENVOLVIMENTO DE ESPÉCIES ARBÓREAS SOB DOIS REGIMES HIDRÍCOS  
EM ACARAÚ, CE.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Agronomia/Fitotecnia.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Marcos Esmeraldo Bezerra

FORTALEZA

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

- 
- A689d Araújo, José Dionis Matos.  
Desenvolvimento de espécies arbóreas sob dois regimes hídricos em Acaraú, Ce /José Dionis Matos Araújo. – 2014.  
84 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, Fortaleza, 2014.  
Orientação: Prof. Dr. Antonio Marcos Esmeraldo Bezerra.  
Coorientação: Dr. João Alencar de Sousa
1. Espécies nativas. 2. Espécies exóticas. 3. Crescimento. 4. Respostas fisiológicas. I. Título.

JOSÉ DIONIS MATOS ARAÚJO

DESENVOLVIMENTO DE ESPÉCIES ARBÓREAS SOB DOIS REGIMES HIDRÍCOS  
EM ACARAÚ, CE.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Agronomia/Fitotecnia.

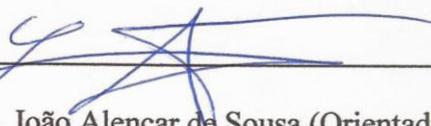
Aprovado em 28/03/2014.

BANCA EXAMINADORA



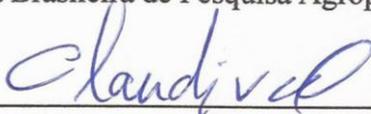
---

Prof. Dr. Antonio Marcos Esmeraldo Bezerra (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)



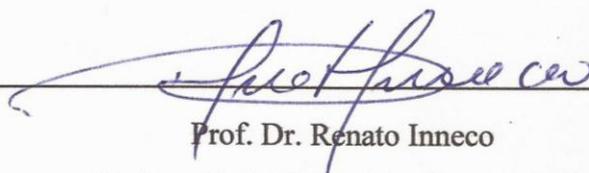
---

Pesquisador Dr. João Alencar de Sousa (Orientador Técnico)  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)



---

Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda  
Universidade Federal do Ceará (UFC)



---

Prof. Dr. Renato Inneco  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

## AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me abençoado e me ajudado a vencer todos os desafios, administrando em mim seu amor e sabedoria.

Aos meus pais, Diva de Matos e José Alves (*in memoriam*), a minha irmã Dionizia Araújo e a minha sobrinha Helena Araújo pelo amor, carinho e apoio.

A minha prima Verônica Lima pelo incentivo a mim destinado desde o começo.

A minha namorada Adria Gomes pelo companheirismo, paciência, incentivo e todo o amor dedicado.

A Universidade Federal do Ceará e aos professores desta Universidade, por ter proporcionado minha formação no ensino, pesquisa e extensão.

A Professora Maria Nenmaura Gomes Pessoa, minha primeira orientadora, responsável por grande parte do meu conhecimento em fitopatologia.

A Professora Cândida H. C. de Magalhães Bertini por sua dedicação a minha orientação na graduação tanto na pesquisa quanto na iniciação a docência, por ter me disciplinado e por ter acreditado em mim.

A Pesquisadora Diva Correia pela formação profissional, minha construção técnica científica e sobretudo pela sua amizade.

Ao pesquisador João Alencar de Sousa pela dedicação, qualidade na orientação técnica, além da grande amizade construída.

Ao Professor Antônio Marcos Esmeraldo Bezerra por sua paciência, perseverança e grande maestria na minha orientação na pós - graduação, tão quanto vida também.

Ao Professor Claudivan Feitosa de Lacerda, pela presteza e por ter aceitado o desafio de incluir as respostas fisiológicas nesta pesquisa.

Ao Professor Renato Inneco pela participação na banca e as contribuições dadas.

A Embrapa Agroindústria Tropical por proporcionar todas as condições para a execução dos trabalhos.

Ao financiamento do projeto pelo Banco do Nordeste do Brasil (BNB), Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará (ADECE) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

As contrapartidas não financeiras aportadas pela a Embrapa Florestas, Embrapa Agroindústria Tropical e Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS).

Aos parceiros do projeto o Sindicato das Indústrias de Móveis do Ceará (Sindmóveis), Instituto de Desenvolvimento Industrial do Ceará (INDI) e Fabricantes Associados de Marco (FAMA).

Aos demais membros que compunham a equipe técnica do projeto: Antônio Lindemberg Martins Mesquita, Francisco Marto Pinto Viana, Fábio Rodrigues de Miranda, José Roque Gomes Moura, Carlos Augusto Teixeira Braga, Edinelson José Maciel Neves, Antônio Aparecido Carpanezzi e Ivar Wendling.

Ao Pesquisador Paulo Ernani Ramalho Caravalho, grande idealizador desse projeto.

Ao CNPq pela concessão de bolsa de estudos.

A David Holanda, Carlos Henrique e Leila Neves, pelo apoio e ajuda nas avaliações.

A José Narcelio (Louro) por toda a dedicação, zelo e ajuda na condução de todos os trabalhos desde o início da instalação.

Aos meus amigos de mestrado Arnaldo Farias, Karen Thomeny e Tatiana Silva, por passarem comigo por essa empreitada.

Enfim, a todos que participaram diretamente ou indiretamente no sucesso desse trabalho e na minha vida.

**“Se sonho, penso e desejo, o mínimo que posso fazer é lutar”. (Dionis Araújo)**

## RESUMO

O Ceará possui cerca de 750 indústrias moveleiras, entre médias e pequenas. O extrativismo e a falta de madeira para atender a demanda representam os principais problemas do setor. Diante disso, objetivou-se nesta pesquisa avaliar o desenvolvimento e respostas fisiológicas de espécies arbóreas nativas da caatinga e exóticas sob dois regimes hídricos no perímetro irrigado Baixo Acaraú, Ceará. Através de mudas que foram produzidas em tubetes de 288 cm<sup>3</sup> contendo como substrato casca de arroz carbonizada, bagana de carnaúba triturada e solo hidromórfico na proporção volumétrica de 3:2:2. O experimento foi conduzido em Acaraú, Ceará em área experimental conduzida pela Embrapa Agroindústria Tropical, com as espécies aroeira (*Myracrodouon urundeuva* Allemão), acácia (*Acacia mangium* Willd), frei jorge (*Cordia trichotoma* (Vellozo) Arráb. ex Steud.), nim (*Azadirachtha indica* A. Juss.), jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev) e sobrasil (*Colubrina glandulosa* var. reizzi). Plantadas no espaçamento 2x3 m em três linhas com 15 plantas/linha. Efetuou-se uma adubação de fundação (120 g de NPK (10-28-20) + 30 g de FTE BR 12) e semestralmente adubação de formação (50 g de NPK (10-28-20). Nos primeiros 12 meses toda a área foi irrigada por microaspersão, suspensa após este período até o final do experimento somente de um lado, dividindo em duas subáreas (parcelas), regime irrigado e irrigação de salvamento. Semestralmente durante 36 meses procederam-se avaliações da altura e diâmetro a altura do peito (DAP) em 12 plantas da fileira central das espécies em cada regime hídrico. Também foram conduzidas avaliações fisiológicas durante a estação seca e chuvosa em cada regime hídrico. O experimento seguiu um delineamento em medidas repetidas, em um arranjo com parcelas subdivididas. Acácia destacou-se em relação às demais atingindo altura e DAP aos 36 meses de idade de 15,18 m e 16,88 cm sob irrigação e 14,69 m e 15,78 cm sob irrigação de salvamento. De modo geral as espécies apresentaram decréscimos na condutância, transpiração e fotossíntese quando submetidas a déficit hídrico, por outro lado mostraram-se eficiente no uso da água indicando forte regulação estomática. Não foi verificado danos severos no aparato fotossintético das espécies. Conclui-se que as espécies possuem potencial para serem exploradas nas condições edafoclimáticas da região.

**Palavras-chave:** *Myracrodouon urundeuva* Allemão. *Acacia mangium* Willd. *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arráb. ex Steud.. *Azadirachtha indica* A. Juss.. *Hymenaea courbaril* L.. *Khaya ivorensis* A. Chev. *Colubrina glandulosa* var. reizzi. Crescimento. Respostas fisiológicas. Trocas Gasosas.

## ABSTRACT

Ceará has about 750 furniture industries, among medium and small. The extraction and the lack of wood to meet demand represent the main problems of the sector. Therefore, this study aimed to evaluate the development and physiological responses of native tree species and exotic scrub under two water regimes in Baixo - Acaraú, Ceará. The seedlings were grown in plastic pots containing 288 cm<sup>3</sup> as carbonized rice husk substrate, carnauba straw chopped and hydromorphic soil volumetric proportion of 3:2:2. The experiment was conducted in Marco Ceara explored in the postharvest area. The species aroeira (*Myracrodunon urundeuva* Allemão), acácia australiana (*Acacia mangium* Willd), frei jorge (*Cordia trichotoma* (Vellozo) Arráb. ex Steud.), nim (*Azadirachtha indica* A. Juss.), jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev) e sobrasil (*Colubrina glandulosa* var. reizzi) were planted at 2x3 m spacing with 15 plants/row. We conducted a fertilization foundation(120 g of NPK (10-28-20) + 30 g of FTE BR 12) and semiannually and fertilizer training (50 g of NPK (10-28-20). The first 12 months the entire area was irrigated by micro which was suspended after this period until the end of the experiment only one side, dividing into two sub (plots), with and without irrigation scheme. Monthly for 36 months held up measurements of height and diameter at breast height (DBH) in 12 plants of the central row of the plot of each species in each treatment, also led physiological evaluations for individuals marked during the dry and rainy season each treatment. The experiment followed a design in repeated measures, in an arrangement with split plots. Acacia species studied stood out over the others reaching a height at 36 months of age of 15,18 m and 14,69 m under irrigation under rainfed conditions . Regarding the DBH at 36 months the acaciaa was superior to the others, but developing - better under irrigated conditions (16,88 cm) than under dryland (15,78 cm). Generally the species showed decreases in conductance, transpiration and photosynthesis when exposed to water deficit, on the other hand proved to be efficient in water use indicating strong stomatal regulation. There were no severe damage to the photosynthetic apparatus of the species. We conclude that the species have the potential to be explored in the soil and climatic conditions of the region.

**Keywords:** *Myracrodunon urundeuva* Allemão. *Acacia mangium* Willd. *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arráb. ex Steud.. *Azadirachtha indica* A. Juss.. *Hymenaea courbaril* L.. *Khaya ivorensis* A. Chev. *Colubrina glandulosa* var. reizzi. Growth. Physiological response. Gas exchange

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Distribuição das precipitações durante o período do experimento (Outubro de 2010 - Outubro de 2013), Acaraú - Ceará, 2014. ----- 37
- Figura 2 – Altura em sete espécies arbóreas cultivadas em regime irrigado (A) e irrigação de salvamento (B), durante sete períodos após o plantio, ao longo de 36 meses, Acaraú - Ceará, 2014. ----- 46
- Figura 3 – Diâmetro em sete espécies arbóreas cultivadas em regime irrigado (A) e não irrigado (B), durante sete períodos após o plantio, ao longo de 36 meses, Acaraú - Ceará, 2014. ----- 48
- Figura 4 – Massa foliar específica (MFE) em sete espécies arbóreas cultivadas em dois regimes hídricos (irrigado (I) e irrigação de salvamento (IS)) durante duas estações (seca e chuvosa). Colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014. ----- 52
- Figura 5 – Grau de suculência (GS) em sete espécies arbóreas cultivadas em dois regimes hídricos (irrigado (I) e irrigação de salvamento (IS)) e durante duas estações (seca e chuvosa). Colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014. ----- 50
- Figura 6 – Condutância estomática ao vapor de água ( $g_s$ ) em sete espécies arbóreas cultivadas em regime irrigado e irrigação de salvamento. Colunas seguidas pelas mesmas letras minúsculas em uma mesma espécie ou maiúsculas em um mesmo regime hídrico não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014. ----- 53
- Figura 7 – Condutância estomática ao vapor de água ( $g_s$ ) em regime irrigado e irrigação de salvamento. Colunas seguidas pelas mesmas letras minúsculas em um mesmo regime hídrico ou maiúsculas em uma mesma estação não diferem

significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014. ----- 54

Figura 8 – Condutância estomática ao vapor de água ( $g_s$ ) em sete espécies arbóreas durante a estação seca e chuvosa. Colunas seguidas pelas mesmas letras minúsculas em uma mesma espécie ou maiúsculas em uma mesma estação não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014. ----- 56

Figura 9 – Transpiração ( $E$ ) em sete espécies arbóreas cultivadas em regime irrigado e irrigação de salvamento. Colunas seguidas pelas mesmas letras minúsculas em uma mesma espécie ou maiúsculas em um mesmo regime hídrico não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014. ----- 56

Figura 10 – Transpiração ( $E$ ) em sete espécies arbóreas cultivadas em regime irrigado e irrigação de salvamento. Colunas seguidas pelas mesmas letras minúsculas em uma mesma espécie ou maiúsculas em um mesmo regime hídrico não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014. ----- 56

Figura 11 – Transpiração ( $E$ ) em sete espécies arbóreas durante a estação seca e chuvosa. Colunas seguidas pelas mesmas letras minúsculas em uma mesma espécie ou maiúsculas em uma mesma estação não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014. ----- 57

Figura 12 – Temperatura foliar em sete espécies arbóreas cultivadas em regime irrigado e irrigação de salvamento. Colunas seguidas pelas mesmas letras minúsculas em uma mesma espécie ou maiúsculas em um mesmo regime hídrico não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014. ----- 57

Figura 13 – Temperatura foliar em regime irrigado e irrigação de salavamento. Colunas seguidas pelas mesmas letras minúsculas em um mesmo regime hídrico ou maiúsculas em uma mesma estação não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014. ----- 59

Figura 14 – Taxa de fotossintética líquida ( $A$ ) em sete espécies arbóreas cultivadas em dois regimes hídricos (irrigado (I) e irrigação de salvamento (IS)) durante duas estações (seca e chuvosa). Colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). ----- 60

Figura 15 – Eficiência momentânea do uso da água ( $A/E$ ) em sete espécies arbóreas cultivadas em regime irrigado e irrigação de salvamento. Colunas seguidas pelas mesmas letras minúsculas em uma mesma espécie ou maiúsculas em um mesmo regime hídrico não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014. ----- 61

Figura 16 – Eficiência momentânea do uso da água ( $A/E$ ) em regime irrigado e irrigação de salavamento. Colunas seguidas pelas mesmas letras minúsculas em um mesmo regime hídrico ou maiúsculas em uma mesma estação não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014. ----- 61

Figura 17 – Eficiência intrínseca do uso da água ( $A/g_s$ ) em sete espécies arbóreas cultivadas em dois regimes hídricos (irrigado (I) e irrigação de salvamento (IS)) e durante duas estações (seca e chuvosa). Colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014. ----- 63

Figura 18 – Razão entre as concentrações intercelular e atmosférica de  $CO_2$  ( $C_i/C_a$ ) em sete espécies arbóreas cultivadas em dois regimes hídricos (irrigado (I) e irrigação de salvamento (IS)) e durante duas estações (seca e chuvosa). Colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014. ----- 65

Figura 19 – Máxima eficiência do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) em sete espécies arbóreas durante a estação seca e chuvosa. Colunas seguidas pelas mesmas letras minúsculas em uma mesma espécie ou maiúsculas em uma mesma estação não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014. ----- 65

Figura 20 – Teor relativo de clorofila (Índice SPAD) em sete espécies arbóreas cultivadas em regime irrigado e irrigação de salvamento. Colunas seguidas pelas mesmas letras minúsculas em uma mesma espécie ou maiúsculas em um mesmo regime hídrico não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014. ----- 66

Figura 21 – Teor relativo de clorofila (Índice SPAD) em sete espécies arbóreas durante a estação seca e chuvosa. Colunas seguidas pelas mesmas letras minúsculas em uma mesma espécie ou maiúsculas em uma mesma estação não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014. ----- 66

Figura 22 – Teor relativo de clorofila (Índice SPAD) em regime irrigado e irrigação de salvamento. Colunas seguidas pelas mesmas letras minúsculas em uma mesma espécie ou maiúsculas em uma mesma estação não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014. ----- 66

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Análises física, química e físico/química do solo da área experimental, Acaraú - Ceará, 2014. ----- 35
- Tabela 2 – Espécies utilizadas no experimento, Acaraú - Ceará, 2014. ----- 36
- Tabela 3 – Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) referente à altura e diâmetro em sete espécies arbóreas cultivadas em dois regimes hídricos (irrigado e irrigação de salvamento) durante sete períodos após o plantio, Acaraú - Ceará, 2014. ----- 41
- Tabela 4 – Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) referente à massa foliar específica (MFE) e grau de suculência (GS) em sete espécies arbóreas cultivadas em dois regimes hídricos (irrigado e irrigação de salvamento) e durante duas estações (seca e chuvosa), Acaraú - Ceará, 2014. ----- 48
- Tabela 5 – Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) referente à condutância estomática ao vapor de água ( $g_s$ ), transpiração ( $E$ ), temperatura foliar, taxa fotossintética líquida ( $A$ ), eficiência momentânea do uso da água ( $A/E$ ), eficiência intrínseca do uso da água ( $A/g_s$ ) e razão entre as concentrações intercelular e atmosférica de  $CO_2$  ( $C_i/C_a$ ) em sete espécies arbóreas cultivadas em dois regimes hídricos (irrigado e irrigação de salvamento) e durante duas estações (seca e chuvosa), Acaraú - Ceará, 2014. ----- 52
- Tabela 6 – Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) referente a máxima eficiência do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) em sete espécies arbóreas cultivadas em dois regimes hídricos (irrigado e irrigação de salvamento) e durante duas estações (seca e chuvosa), Acaraú - Ceará, 2014. ----- 62

Tabela 7 – Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) referente ao teor relativo de clorofila (Índice SPAD) em sete espécies arbóreas cultivadas em dois regimes hídricos (irrigado e irrigação de salvamento) e durante duas estações (seca e chuvosa), Acaraú - Ceará, 2014. ----- 64

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	18
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b>	21
<b>2.1 Descrição das espécies</b>	21
<b>2.1.1 Aroeira</b>	21
<b>2.1.2 Acácia</b>	22
<b>2.1.3 Frei jorge</b>	23
<b>2.1.4 Nim</b>	25
<b>2.1.5 Jatobá</b>	26
<b>2.1.6 Mogno africano</b>	27
<b>2.1.7 Sobrasil</b>	29
<b>2.2 Crescimento</b>	30
<b>2.3 Trocas gasosas</b>	31
<b>2.4 Estresse hídrico</b>	32
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b>	34
<b>3.1 Localização e caracterização da área experimental</b>	34
<b>3.2 Preparo da área experimental</b>	35
<b>3.3 Instalação da área experimental</b>	35
<b>3.4 Variáveis analisadas</b>	37
<b>3.4.1 Crescimento</b>	37
<b>3.4.1.1 Altura e diâmetro a altura do peito</b>	37
<b>3.4.1.2 Massa foliar específica e grau de suculência</b>	38
<b>3.4.2 Trocas gasosas</b>	38
<b>3.4.3 Fluorescência da clorofila</b>	39
<b>3.4.4 Teores relativos de clorofila</b>	39
<b>3.5 Delineamento e análise experimental</b>	40
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	42
<b>4.1 Crescimento</b>	42
<b>4.1.1 Altura e diâmetro a altura do peito</b>	42
<b>4.1.2 Massa foliar específica e grau de suculência</b>	48
<b>4.3 Trocas gasosas</b>	52
<b>4.4 Fluorescência da clorofila</b>	64
<b>4.5 Teor relativo de clorofila</b>	66

<b>5 CONCLUSÕES</b>	69
<b>REFERÊNCIAS</b>	70
<b>ANEXO – A – ACÁCIA: DA ESQUERDA PARA DIREITA AOS 06, 12, 24 E 36 MESES DE IDADE</b>	82
<b>ANEXO – B – AROEIRA: DA ESQUERDA PARA DIREITA AOS 06, 12, 24 E 36 MESES DE IDADE</b>	82
<b>ANEXO – C – FREI JORGE: DA ESQUERDA PARA DIREITA AOS 06, 12, 24 E 36 MESES DE IDADE</b>	82
<b>ANEXO – D – JATOBÁ: DA ESQUERDA PARA DIREITA AOS 06, 12, 24 E 36 MESES DE IDADE</b>	83
<b>ANEXO – E – MOGNO AFRICANO: DA ESQUERDA PARA DIREITA AOS 06, 12, 24 E 36 MESES DE IDADE</b>	83
<b>ANEXO – F – NIM: DA ESQUERDA PARA DIREITA AOS 06, 12, 24 E 36 MESES DE IDADE</b>	83
<b>ANEXO – G – SOBRASIL: DA ESQUERDA PARA DIREITA AOS 06, 12, 24 E 36 MESES DE IDADE</b>	84

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui a segunda maior extensão florestal do planeta, com 463 milhões de hectares (ha), ou 54,4% do seu território. Desse montante, 456 milhões de hectares são de florestas naturais e 7,2 milhões são de florestas plantadas (SFB, 2013).

Em função da excelente produtividade média, a produção primária florestal advinda das florestas plantadas representa 72,6% da produção total nacional (IBGE, 2011). Essa produtividade garante inclusive vantagens comparativas em relação a outros países com vocação florestal.

O mercado mundial de produtos florestais, segundo a FAO (2007) cresce a uma taxa média de 8% ao ano e a participação do Brasil no fluxo internacional é da ordem de 3% na média dos principais produtos (lenha, madeira em tora, madeira serrada, painéis, celulose e papel). O destaque fica para nossa participação no comércio internacional de celulose em que o Brasil representa 13,71% da oferta mundial desse produto.

O mercado interno brasileiro é um dos maiores do mundo e vem apresentando tendências positivas de consumo tendo em vista as taxas internas de crescimento, refletidas no aumento da demanda dos principais segmentos consumidores de matéria-prima florestal, como da construção civil, movelaria, embalagens, siderurgia e celulose e papel (IBGE, 2011).

Em termos de tendências, segundo a FAO (2009), a demanda global por produtos de madeira de origem conhecida (certificada) se dará em função de diversos fatores, incluindo mudanças demográficas relacionadas ao incremento na população mundial; aumento da riqueza das nações; regulações ambientais crescentes que vêm criando limitações ao fornecimento de matéria-prima florestal ao mercado; o incremento do uso da madeira como combustível renovável; o declínio da exploração em florestas naturais, emergindo as florestas plantadas como a fonte principal de abastecimento industrial; o incremento tecnológico aliado ao crescente aumento na produtividade das florestas plantadas e o aumento da reciclagem e do uso de novos compostos de madeira.

A demanda mundial por produtos de base florestal é crescente. Por outro lado, as florestas nativas estão cada vez mais escassas e ameaçadas de desaparecerem. O pouco que resta é indispensável para a manutenção da biodiversidade e de diversos serviços ambientais (SFB, 2013).

Nesse cenário de crescente escassez, as plantações florestais assumem papel de destaque nos cenários nacional e internacional. Somente através dessas florestas plantadas

serão obtidas as matérias-primas para dar conta das necessidades sociais sem aumentar a pressão sobre os remanescentes dos ecossistemas florestais (SFB, 2013).

O Brasil apresenta alguns fatores favoráveis à silvicultura, como as condições de solo e clima adequados ao cultivo de algumas espécies de alto valor comercial, o desenvolvimento de tecnologia de ponta, além da disponibilidade de áreas para plantio e mão-de-obra.

O reflorestamento com árvores nativas sem a devida pesquisa sobre o “habitat”, dinamismo, vitalidade e desenvolvimento das espécies terá pouco sucesso (CARVALHO, 1978). Adicionalmente é importante a realização de pesquisas relacionadas ao comportamento de espécies florestais exóticas, para emprego como florestas energéticas de rápido crescimento, para atender à demanda por lenha, carvão, madeira para móveis e outros usos.

O Ceará possui cerca de 750 indústrias moveleiras, entre médias e pequenas. A fabricação local é bastante diversificada com destaque para as empresas localizadas nos municípios de Marco, Jaquaribe, Iguatu e Fortaleza. Atualmente, o município de Marco tem como uma de suas principais atividades econômicas a indústria de móveis. É o maior pólo do segmento do Estado e um dos mais qualificados das regiões Norte e Nordeste do País. A atividade moveleira em Marco é considerada pelo Ministério de Desenvolvimento Indústria e Comércio – MIC, como Arranjo Produtivo Local - APL.

Na cidade de Marco há mais de 30 empresas, as quais geram mais de 1.500 empregos. O arranjo produtivo local (APL) de Marco consome aproximadamente 1.000 m<sup>3</sup> por mês de madeira (informação verbal)<sup>1</sup>. A matéria-prima utilizada para suprir o setor é proveniente basicamente de madeiras localizadas no Estado do Pará. O preço do m<sup>3</sup> da madeira pode variar de R\$ 750,00 a R\$ 1.700,00, de acordo com o tipo da madeira.

Além dos preços elevados da madeira em função do transporte e da qualidade, o setor também tem enfrentado redução da oferta de madeiras mais utilizadas na confecção de móveis de qualidade. Desta forma, os movelheiros e serralheiros têm feito uso de novas alternativas de madeiras exigindo que o setor invista em tecnologias que agreguem valor (informação verbal)<sup>1</sup>. Uma das alternativas estabelecidas pelo setor foi fazer uso de madeira oriunda de florestas plantadas no sul (*Pinus*) e sudeste do Brasil (*Eucalyptus* e seus híbridos). Esse tipo de madeira está sendo usada pelo setor para fazer a estrutura de peças, que posteriormente são revestidas por tecidos ou laminados.

---

<sup>1</sup> Informação fornecida por Geraldo Osterno Júnior, em Fortaleza, 2008.

Todavia, essa alternativa não resolve o problema da confecção de móveis de qualidade, além de também não resolver a questão do custo com transporte.

O plantio de espécies arbóreas para produção de madeira para desdobro no Ceará é uma alternativa a dependência externa da indústria moveleira do estado, em particular a do município de Marco - CE. Neste sentido, o estudo do comportamento das espécies, em condições locais, constitui-se uma etapa primordial na avaliação do potencial de espécies para produção de madeira. O conjunto de estudos que abrangem variáveis de crescimento e parâmetros fotossintéticos ajuda na definição do comportamento das espécies florestais para projetos de conservação, proteção, recuperação de áreas e áreas de plantio.

Dentro desse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento e respostas fisiológicas de espécies arbóreas nativas da caatinga e exóticas sob dois regimes hídricos no perímetro irrigado Baixo Acaraú, Ceará.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Descrição das espécies

#### 2.1.1 Aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão)

*Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) é conhecida popularmente como aroeira, aroeira-do-sertão, aroeira-da-serra, aroeira-preta, urundeúva, urindeúva, arendiúva, etc. (LORENZI *et al.*, 2008). Ocorre na Caatinga e matas secas, desde o Ceará até os estados do Paraná e Mato-Grosso do Sul, especialmente no lado oeste dos estados da Bahia, Minas Gerais, São Paulo e no sul dos estados do Mato-Grosso do Sul, Mato-Grosso e Goiás, sendo mais frequente no Nordeste (VIANA *et al.*, 1995).

É uma árvore de 5 a 10 m de altura, podendo o seu caule atingir mais de 1 metro de diâmetro e possuindo uma madeira densa e durável. Sua copa é ampla, com folhas compostas, alternas, imparipenadas, com 5 a 7 pares de folíolos ovados obtusos. É classificada como uma planta dioica, cujas flores masculinas e femininas são pequenas e dispostas em grandes panículas pendentes. Os frutos são drupáceos, globoso-ovais e levemente apiculados (MATOS *et al.*, 2004). A separação das sementes dos frutos é praticamente impossível, sendo o fruto-semente a unidade utilizada para a semeadura (LORENZI *et al.*, 2008).

Sua propagação é comumente realizada por sementes, porém pode ser feita também por micropropagação. Por ser uma espécie lenhosa, apresenta alta oxidação *in vitro* (MATTOS *et al.*, 2007).

A madeira da aroeira apresenta densidade de 1,00 a 1,21 g cm<sup>-3</sup> (CARVALHO, 2003a). Apresenta crescimento lento a moderado (GOLFARI; CASER, 1977 *apud* CARVALHO, 2003a). O incremento médio máximo registrado é de 5,60 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> aos 9 anos. Geralmente apresenta forma péssima em plantio para a indústria da madeira, com fuste curto, crescimento simpodial, não formando fuste principal, e com muitas ramificações mesmo submetidas a espaçamento apertado. Bifurca-se a cerca de 2 a 3 m do solo, não adquirindo forma vertical e tornando-se muito esgalhada. Não forma fuste principal em plantio sem intervenção artificial, tendo necessidade de desbrota e desrama para a formação de fuste. Apresenta cicatrização ruim (CARVALHO, 2003a).

A aroeira possui uma madeira excelente para obras externas (postes, moirões, caibros, etc.) devido a sua alta densidade e sua durabilidade. Pela beleza de sua copa, aproximadamente piramidal, é indicada para a arborização em geral (LORENZI *et al.*, 2008). Esta espécie é uma planta medicinal e é largamente usada pela medicina popular como antiinflamatório e cicatrizante. Sua entrecasca é muito rica em tanino e outras substâncias fenólicas. Estudos farmacêuticos pré-clínicos comprovaram suas ações adstringente, antiinflamatória, antialérgica, cicatrizante e discreta ação antibacteriana contra *Staphylococcus* (MATTOS *et al.*, 2007).

### 2.1.2 Acácia mangium (*Acacia mangium* Willd)

*Acacia mangium* Willd (Fabaceae: Mimosoideae) é conhecida popularmente por acácia mangium, mangium, acácia ou acácia australiana (ARCO-VERDE, 2002; LORENZI *et al.*, 2003). Nativa do norte do Estado de Queensland, na Austrália, Papua Nova Guiné e ilhas de Irian Java e Molucas, na Indonésia (TONINI; VIEIRA, 2006).

Em seu habitat natural, alcança de 25 a 30 m de altura (em condições adversas não chega a 10 m) e 90 cm de diâmetro à altura do peito (DAP). Geralmente apresenta fuste reto, com ramificações que começam acima da metade da altura total deste. (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1983; YARED *et al.*, 1990). Apresenta folhas compostas somente durante algumas semanas após a germinação, que são depois substituídas por folhas simples e de borda inteira, denominadas filóides, com cerca de 25 cm de comprimento e 10 cm de largura. Isso confere à *A. mangium* um aspecto completamente diferente de outras espécies, incluindo outras do gênero *Acacia* (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1983). As flores encontram-se dispostas em espigas soltas de 10 cm de comprimento, solitárias ou unidas nas axilas superiores, pequenas, brancas ou de cor creme. (CATIE, 1992; CPAFRO, 2004). Os frutos são vagens estreitas de 10 cm de comprimento, retorcidas. As vagens sofrem deiscência quando atingem o ponto de maturação (LIMA; GARCIA, 1996). A semente madura, com 3 a 5 mm de comprimento e 2 a 3 mm de largura, é de cor negra e brilhante; quando colhida, é possível distinguir-se entre negro, café e diferentes tonalidades de verde. As sementes de tonalidades café e negra desenvolvem-se melhor do que as demais (CATIE, 1992).

Sua propagação se dar por sementeira em canteiros ou sementeira direta em recipientes, mas devido às sementes de acácia apresentar dormência, por ser o tegumento impermeável à água (LIMA; GARCIA, 1996), é necessário à imersão das sementes em água

fervente por 30 segundos (AZEVEDO *et al.*, 1998). Diversos autores vêm pesquisando a factibilidade da propagação vegetativa do gênero *Acacia*, porém essa técnica ainda não é adotada comercialmente (ROSSI *et al.*, 2003).

No Brasil, são cultivadas com a finalidade de extração de tanino a partir da casca, para as indústrias de curtume, bem como para a utilização de sua madeira na indústria de celulose, energia e painéis de madeira industrializada. A área plantada com o gênero no Brasil vem apresentando aumento a partir de 2010, tendo em 2013 a área de plantios totalizada em 148.311 ha, valor 16,23% superior ao de 2010 (ABRAF, 2013).

A madeira de *A. mangium* apresenta densidade básica que varia de 0,42 a 0,50 g.cm<sup>-3</sup> e poder calorífico entre 4800 a 4900 Kcal.kg<sup>-1</sup> (LELLES *et al.*, 1996; MARTO *et al.*, 2011). No Brasil, o cultivo de *A. mangium* pode representar uma alternativa silvicultural para áreas degradadas, nas quais as espécies de eucalipto não apresentam aptidão para crescer ou os custos de sua implantação sejam inviáveis (ARRUDA, 2008).

A madeira de *A. mangium* pode ser utilizada para a produção de móveis maciços, construção pesada e leve, chapas e embalagens; energia, uma vez que a mesma possui um alto valor calorífico; produção de celulose; tem uma coparticipação em outros produtos, como o mel, além da folhagem conter 42% de proteína e casca possuir taninos (MEIER-DÖRNBERG, 2005).

### **2.1.3 Frei Jorge (*Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel)**

*Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel (Boraginaceae) é conhecida popularmente por frei jorge, freijó, frejó, louro pardo, amora do mato alto, canela batata, capoeira, folha larga, ipê louro (CARVALHO, 1994). Espécie de ampla distribuição geográfica, ocorrendo desde o nordeste até o sul do Brasil, no nordeste da Argentina, leste do Paraguai e sul da Bolívia (CARVALHO, 2003b).

A árvore de frei Jorge é caducifólia, perdendo as folhas de julho a agosto (RIZZINI, 1971). É uma árvore de 8 a 20 m de altura e 40 a 60 cm de diâmetro a altura do peito (DAP), mas pode atingir cerca de 35 m de altura e 100 cm de DAP na idade adulta. O tronco é reto e cilíndrico, com um fuste bem definido que atinge 15 m de altura, apresentando casca cinzenta e sulcos longitudinais (CARVALHO, 2003b). A copa é estreita, comprida e com folhagem densa. As folhas são simples, alternas, ricas em pêlos, verde-escuras na face adaxial e grisáceas na abaxial (REITZ *et al.*, 1988). As flores apresentam coloração de branca

a pardas, perfumadas, com até 2 cm de comprimento, reunidas em grandes panículas terminais densamente ramificadas, com 10-25 cm de comprimento (CARVALHO, 2003b). O fruto é subcilíndrico, totalmente encerrado pelo tubo da corola e pelo cálice persistentes.

Quanto à produção de mudas de louro-pardo, a propagação via sementes tem sido dificultada pela rápida perda da viabilidade, ocasionada pelo comportamento recalcitrante ao armazenamento. As sementes de frei Jorge apresentam, também, dormência tegumentar e germinação lenta e irregular (CARVALHO, 2006), o que dificulta a produção uniforme de mudas. No que se refere à propagação vegetativa, ainda não foi possível estabelecer um protocolo eficiente para a produção de mudas. Em estacas de ramos adultos de louro-pardo, com 10 cm de comprimento, o tratamento com 40 mM de ácido indolbutírico (AIB) possibilitou satisfatória indução de brotos, mas não foi verificada a formação de raízes (HEBERLE *et al.*, 2010). Em microestacas de louro-pardo cultivadas *in vitro* em meio de cultura contendo 7,38  $\mu$ M de AIB também houve satisfatória indução de brotos, mas não ocorreu o enraizamento (FICK, 2007).

A madeira do frei Jorge apresenta densidade de 0,78 g cm<sup>-3</sup>, dura, fácil de trabalhar e de boa durabilidade, sendo apreciada e apropriada para a fabricação de móveis de luxo (LORENZI, 1998). A madeira do louro é amplamente empregada para as mais variadas finalidades. Por ser muito resistente à umidade e aos agentes degradantes, é utilizada também em carrocerias de caminhões, vagões de trens e outras obras que exigem grande resistência (REITZ *et al.*, 1988).

O frei Jorge apresenta uma combinação de aspectos favoráveis, dentre os quais se destacam a regeneração natural vigorosa e o fuste com boa forma (CARVALHO, 2003b). A espécie integra o grupo das madeiras de lei, sendo muito apreciada nos mercados interno e externo pela excelente qualidade. A madeira é fácil de trabalhar, polir, entalhar e vergar, podendo ser empregada na fabricação de molduras, cadeiras, revestimentos múltiplos e na decoração de interiores. A utilização em tornearia permite a obtenção de peças valiosas, além da vasta aplicação na construção de embarcações (RIZZINI, 1971; REITZ *et al.*, 1988). As árvores apresentam valor ornamental, paisagístico, e na recuperação de áreas degradadas (CARVALHO, 2003b).

#### 2.1.4 Nim (*Azadirachta indica* A. Juss)

*Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae) é conhecida popularmente por nim, neem, nime, margosa e amargosa (VILELA, 2008). Originária da Ásia, região de Burma e regiões áridas da Índia (SAXENA, 1993).

Possui de 15 a 20 m de altura, com um tronco semi-reto a reto de 30-80 cm de diâmetro, cor marrom avermelhado, vivendo cerca de 200 anos ou mais. A sua madeira é clara e o diâmetro de sua copa pode variar de 8 a 12 m podendo atingir até 15 m. Seu sistema radicular é composto de uma raiz pivotante e raízes laterais auxiliares, que possibilita a retirada de água e nutrientes de áreas mais profundas do solo. Suas folhas são do tipo imparipinadas, com folíolos de coloração verde, as flores são brancas e de cor creme e arranjam-se em inflorescências de cerca de 25 cm de comprimento. O fruto pode ter 1,5 a 2,0 cm de comprimento, e este quando se desenvolve apresenta cor verde tornando-se amarelo à medida que o fruto amadurece. A polpa do fruto é macia, amarga e quando rompe libera a semente que apresenta cor marrom (VAN DER NAT *et al.*, 1991; MARTINEZ, 2002; MOSSINI e KEMMELMEIER, 2005).

O nim é facilmente propagado, tanto sexualmente quanto vegetativamente, podendo ser plantado por meio de sementes, mudas, árvores novas, brotos de raiz ou cultura de tecido (MOSSINI, 2005).

No Brasil a espécie foi introduzida em 1984, e encontra-se hoje em quase todas as regiões do país, pois está em áreas com condições climáticas adequadas para o plantio principalmente nas regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste (GUMIERO, 2008). Na região nordeste (bioma caatinga) além de fornecer frutos em escala industrial, é uma opção para a produção de madeira, para lenha principalmente, nas regiões sul, noroeste do Paraná e sudeste. Com exceção na caatinga mineira, Centro Oeste e Norte nas quais o cultivo do nim é prioritariamente à produção de sementes do fruto para a extração do óleo (NEVES *et al.*, 2008).

A madeira de nim apresenta densidade entre 0,56 a 0,85 g cm<sup>-3</sup>, é bastante valiosa no mercado internacional. O incremento médio anual (IMA) da espécie não ultrapassa os 12 m<sup>3</sup> ha ano (NEVES, 2004). Na Índia, a madeira produzida é usada nas indústrias civil e moveleira (NEVES; NOGUEIRA, 1996). Quando utilizada para carvão, a madeira do nim apresenta poder calorífico de 4.088,5 Kcal Kg<sup>-1</sup>, rendimento em carvão de 38,20%, teor de

cinzas de 2,11% e porcentagem de carbono fixo de 81,82% (ARAÚJO; RODRIGUEZ; PAEZ, 2000).

O nim é possivelmente a planta medicinal mais tradicional usada na Índia. Durante as últimas décadas muito tem sido descoberto sobre os seus componentes biologicamente ativos e suas principais aplicações medicinais. Atualmente, mais de 135 componentes foram isolados de diferentes partes dessa planta (BISWAS *et al.*, 2002). Segundo os mesmos autores, os componentes ativos do nim estão presentes em quase toda planta. Todavia, é nos frutos que eles se encontram em maior concentração e notadamente no óleo que é extraído desses frutos.

As plantas de nim adultas fornecem sombra e madeira resistente, inclusive à ação de cupins, é usada na fabricação de carretas, ferramentas, mourões, estacas, móveis. Por ser robusta é ideal para programa de reflorestamento, recuperação de áreas degradadas, áridas e costeiras (VILELA, 2008).

### **2.1.5 Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.)**

*Hymenaea courbaril* L. (Fabaceae: Leguminosae) é conhecida popularmente por jatobá, árvore de copal ou jutaí (ALENCAR; SILVA; BARROS, 2007). Ocorre naturalmente desde o Piauí até o Norte do Paraná, na floresta latifoliada semidecídua, percorrendo cerrados, caatingas, matas de galeria, florestas equatoriais e tropicais. (RIZZINI, 1997; LORENZI, 2002; CARVALHO, 2003b).

As árvores de jatobá podem atingir até 20 m de altura (30 m na região Amazônica), dotadas de copa ampla e densa, com troncos retos, mais ou menos cilíndricos podendo chegar a 2 m de diâmetro, com casca cinza prateada. Suas folhas são alternas, compostas e bifolioladas de textura coriácea, medindo de 6 a 14 cm de comprimento com estípulas e pecíolos livres do lado interno. Possui flores brancas e vistosas; perígina com 4 sépalas, 5 pétalas, 10 estames e um pistilo, reunidas em pequenas inflorescências terminais (LORENZI, 2002). Os frutos são vagens curtas, lenhosas, indeiscentes em formato cilíndrico (ovoides e oblongos); de cor verde quando imaturos e marrom-escuros após o endurecimento. (ALMEIDA *et al.*, 2005). Os frutos possuem de 2 a 6 sementes ou mais, em formato obovóide a elipsóide, de tegumento pétreo, liso e pardo-claro a pardo-escuro. (FLORES; BENAVIDE, 1990)

O Jatobá é propagado por germinação das sementes, devido à impermeabilidade do tegumento, as mesmas devem ser submetidas, antes da sementeira, a escarificação manual no lado oposto a prostrusão da radícula. Também é possível obter material para micropropagação utilizando explantes de plântulas (CARVALHO, 2003b).

A polpa farinácea que envolve as sementes do jatobá é comestível, rica em nutrientes, sendo consumida pelas populações rurais das regiões de origem. Além disso, há liberação de uma goma resinosa, usada para o preparo de incenso e verniz (CARVALHO, 2003b).

Estudos detectam a presença de terpenos e fenóis na resina exsudada pelo tronco em extratos das folhas e casca. Tais substâncias apresentam várias atividades biológicas, como proteção contra infecções e ataques de insetos (TINÉ *et al.*, 2000; SANTOS, 2002).

A madeira de jatobá apresenta densidade de 0,96g/cm<sup>3</sup> (IPT, 1989). O crescimento do jatobá é lento a moderado, atingindo um incremento volumétrico de até 10 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Estima-se uma rotação de 30 a 60 anos para produção de madeira para processamento mecânico. (CARVALHO, 2003b).

A madeira é empregada na construção civil, como vigas, caibros, ripas, para acabamentos internos, como marcos de portas, tacos e tábuas para assoalhos, para confecção de artigos de esportes, cabos de ferramentas, peças torneadas, esquadrias e móveis (LORENZI, 2002).

#### **2.1.6 Mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev)**

*Khaya ivorensis* A. Chev (Meliaceae) conhecida popularmente por mogno africano, bisselon, mogno seco da zona e mogno de Gambian (TEIXEIRA, 2011). É nativa da Costa do Marfim, Gana, Benin, Nigéria e sul de Camarões. Suporta inundações durante o período de chuvas, entretanto, é muito sensível ao período de estiagem (PINHEIRO *et al.*, 2011).

O mogno africano foi introduzido no Brasil para ser produzido em cultivos silviculturais e substituir o mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King) por ser resistente à broca-do-ponteiro (*Hypsipyla grandella* Zeller), principal praga do mogno brasileiro. A proibição legal da exploração e comercialização da madeira de mogno-brasileiro no ano de 2000 tem gerado demanda por produtos alternativos, sendo o mogno africano uma alternativa promissora (GASPAROTTO *et al.*, 2001; COUTO *et al.*, 2004). Mas quando comparado

como o mogno amazônico, não se distinguem diferenças significativas, quanto ao aspecto fenotípico. Existe, porém uma diferença marcante que faz distinguir o mogno africano do amazônico que é a coloração avermelhada, devido à concentração de antocianina do fluxo de lançamento apical do africano, enquanto que no amazônico é esverdeado. (FALESI; BAENA, 1999).

Em seu habitat a árvore de mogno africano pode atingir 3,5 metros de diâmetro e uma altura total de 70 metros e a copa chega a 40m – 50m de largura (WILLIAMS 1932; LAMB 1966; PENNINGTON; SARUKHÁN 1968 *apud* GROGAN *et al.*, 2002). As raízes tubulares são comuns e podem atingir até cinco metros de base. A casca é espessa e de coloração marrom-avermelhada; com sabor amargo. Fora de seu habitat natural, a casca tem apresentado grande rugosidade causada por *L. theobramae*, que na realidade trata-se de um cancro de casca. As folhas são dispostas espiraladamente, agrupadas próximas ao término dos galhos São alternas, compostas e paripenadas. As flores são unissexuais, reunidas em inflorescência tipo panícula. Os frutos são constituídos por cápsulas fibrosas ou lenhosas, globosas e de coloração castanha, deiscente por 4 a 5 valvas, produzindo cerca de 15 sementes. As sementes são em forma de disco ou ligeiramente quadrangulares, fortemente achatadas, estreitamente aladas por toda a margem e perdem rapidamente seu poder germinativo. Os galhos são roliços e grossos com coloração acinzentada e a copa é arredondada, de grande envergadura (PINHEIRO *et al.*, 2011).

Sua propagação se dar por via seminífera, representando um obstáculo na produção comercial em larga escala, pois mudas produzida por via seminífera resultam em povoamentos heterogêneos. Sendo assim, uma alternativa de propagação vegetativa para esta espécie é a miniestaquia, técnica que favorece a produção de mudas em escala comercial, além de possibilitar ganho de características como uniformidade. A exemplo de Freitas (2013) com o sistema de coletas sucessivas de miniestacas.

Trata-se da espécie exótica de mogno que apresenta melhor crescimento no Brasil e a mais procurado pelos reflorestadores. Em condições favoráveis tem tido incremento de até 40 m<sup>3</sup>/ha/ano. O metro cúbico da madeira do mogno africano pode atingir cerca de US\$ 2.000,00.

Entre as espécies exóticas cultivadas no Brasil, o mogno africano destaca-se pela qualidade de sua madeira, utilizada pelas indústrias moveleira e naval, além de apresentar alto valor econômico no mercado internacional (LUNZ, 2009).

### 2.1.7 Sobrasil (*Colubrina glandulosa* var. *reitzii*)

*Colubrina glandulosa* var. *reitzii* (Rhamnaceae) conhecida popularmente por sobrasil, sobragi, guaxumbo, sabiá da mata, saguaraji vermelho e falso pau brasil (CARVALHO, 2005). Possui grande amplitude de ocorrência geográfica, estando presente desde o Estado do Ceará até o Rio Grande do Sul, na Floresta Pluvial Atlântica, nos Estados de Minas Gerais, Goiás, São Paulo e Paraná, na Floresta Estacional Semidecidual, no Estado de Mato Grosso do Sul, no Cerradão, e na Restinga de vários estados (CARVALHO, 1994; LORENZI, 2002).

A árvore do sobrasil é semicaducifólia a caducifólia, comumente com 10 a 20 m de altura e 30 a 50 cm de diâmetro a altura do peito (DAP), podendo atingir até 25 m de altura e 80 cm de DAP. Copa alongada a cônica, com ramos finos quase horizontais. A casca externa é marrom-escura ou marrom-acinzentada, rugosa, áspera, com sulcos longitudinais curtos. Folhas simples, alternas, oblongas, lâmina foliar com 7 a 15 cm de comprimento e 4 a 7 cm de largura. As flores são minúsculas, amarelo-esverdeadas e aglomeradas em torno da axila foliar. O fruto é uma pequena cápsula seca trilocular de coloração negra quando maduro deiscente de maneira explosiva, tendo em seu interior três sementes pretas e muito brilhantes, elipsóides, truncadas na extremidade que contém a região hilare e forte dormência tegumentar (CARVALHO, 1994).

Sua propagação é comumente realizada por sementes, com uma lenta e baixa porcentagem de germinação, cerca de 10% (CAVALHEIRO; PIMENTA; TOREZAN, 2007). Com a utilização de tratamentos para quebra da dormência, tais como imersão em diferentes concentrações de ácido sulfúrico ou em água quente, são atingidos até 90% de germinação (CARVALHO, 2003b; CAVALHEIRO; PIMENTA; TOREZAN, 2007).

A madeira do sobrasil apresenta densidade de 0,80 a 1,00 g cm<sup>-3</sup> (MELLO, 1950; MAINIERI, 1970). O crescimento é moderado. A produtividade volumétrica máxima obtida em plantios foi 12,90 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (CARVALHO, 2005).

Sua madeira é pesada e resistente ao apodrecimento, sendo empregada em obras expostas da construção civil. Por se tratar de uma planta rústica e de fácil cultivo pode ser inserida em composições de florestas heterogêneas destinadas à recomposição de áreas degradadas de preservação permanente (LORENZI, 1998). Além da importância para a restauração da vegetação, folhas, brotos, flores e frutos desta espécie servem como alimento para o macaco-bugio (HOELTGEBAUM *et al.*, 1999).

## 2.2 Crescimento de espécies arbóreas

O crescimento das árvores ou do povoamento é um fenômeno importante que ocorre na floresta, sendo definido como o alongamento e engrossamento das raízes, troncos e galhos, influenciando diretamente o peso, volume e forma de cada árvore e, conseqüentemente, do povoamento (SCOLFORO, 1998).

Os principais fatores que influem no crescimento de uma árvore são: luz, conteúdo de clorofila, concentração de CO<sub>2</sub>, temperatura, água e nutrientes; fatores esses dependentes da adaptação genética da espécie e da competição (MATTOS, 2007).

O comportamento do crescimento para cada região, associado a fatores ambientais possibilitam a visualização em conjunto de características distintas dos plantios florestais e relacioná-las com a capacidade produtiva de cada espécie e subsidia a tomada de decisão para intervenção nesses plantios. (HESS; SCHENEIDER; FINGER, 2009).

O crescimento em altura, diamétrico e volumétrico de espécies florestais dão subsídios à silvicultura e ao manejo das florestas, pois fornece informações sobre o seu potencial e permite quantificar o tempo necessário para que as árvores alcancem determinada dimensão e avaliar economicamente o que foi investido no cultivo destas espécies (FINGER *et. al.*, 1996).

A altura de uma árvore é considerada como a distância linear partindo do solo até o topo ou até outra referência de acordo com o tipo de altura que se quer medir. Esta medida é tomada ao longo do eixo principal da árvore. (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2009).

A altura é uma importante característica da árvore e pode ser obtida por meio de medição ou estimativa. A partir desta medida é possível computar o volume de árvores e ao relacioná-la com a idade é possível determinar a qualidade de adaptabilidade da espécie em um local (SOARES *et al.*, 2007).

O crescimento em diâmetro de uma árvore refere – se ao aumento de espessura da mesma em um determinado período de tempo (IMAÑA ENCINAS; SILVA; PINTO, 2005). Também é chamado de crescimento secundário e é influenciado principalmente pelo espaçamento. Este crescimento varia ao longo do tronco e por isso é avaliado por meio da variável diâmetro a altura do peito (DAP) no início e no fim do período que se quer avaliar (MARTINS, 2012).

O crescimento das árvores não se dá de forma constante durante toda sua vida. Para qualquer árvore, Zimmermann e Brown (1971), distinguem cinco estágios de

desenvolvimento: embrionário, infantil, juvenil, maduro e senil. No período inicial, o crescimento é lento. Durante a juventude, a taxa de crescimento aumenta rapidamente até atingir um valor máximo que ocorre no ponto de inflexão da curva de crescimento. Da mesma forma, ainda durante a fase juvenil, a aceleração do crescimento primeiramente aumenta e depois decresce, atingindo o valor zero na idade equivalente ao ponto de inflexão. Durante a maturidade e senescência, a taxa de crescimento é continuamente decrescente.

Nesse processo, cada espécie tem uma curva própria de crescimento. As curvas de crescimento podem, porém, ser variáveis em razão do sítio e das condições de concorrência. Assim, é comum que uma mesma espécie apresente curvas de crescimento distintas em razão da qualidade do sítio e, até mesmo para uma única espécie e sítio, a curva de crescimento pode ser diferente, em consequência da sua posição sociológica, carga genética e procedência da árvore (MITSCHERLICH, 1978 *apud* MATTOS, 2007).

### 2.3 Trocas gasosas

Uma caracterização precisa da fixação de carbono e sua relação com os principais fatores do ambiente que afetam o ganho líquido de biomassa são essenciais para a construção de modelos que permitam prognosticar com precisão a produtividade primária de um ecossistema florestal. Isto mostra a importância dos trabalhos realizados *in loco*, com medições em árvores individuais, nos estudos de meio e longo prazo e que visam avaliar os efeitos dos fatores do ambiente na fisiologia da planta (MENDES, 2009).

A capacidade fotossintética é uma característica intrínseca de cada espécie vegetal, sendo que as trocas gasosas mudam durante o ciclo do desenvolvimento do indivíduo e dependem do curso anual e até mesmo do curso diário das flutuações ambientais (luz, temperatura, etc) em torno do vegetal (LARCHER, 2000).

O processo de abertura e fechamento dos estômatos está relacionado principalmente com a intensidade de luz e com o estado de hidratação da folha. Desta forma, o funcionamento dos estômatos e a área foliar influenciam a produtividade do vegetal. Os estômatos controlam a absorção de CO<sub>2</sub> e a área foliar determina a interceptação de luz (BELTRÃO *et al.*, 2001).

A intensidade luminosa, a temperatura, a concentração de CO<sub>2</sub>, os teores de nutrientes da folha e a umidade do solo, são fatores que afetam a atividade fotossintética dos vegetais. A redução na taxa fotossintética em virtude da deficiência hídrica está relacionada,

sobremaneira, ao fechamento dos estômatos. Se a planta perde água a uma taxa superior à sua capacidade de absorção e transporte, o potencial hídrico da folha diminui, levando ao fechamento dos estômatos e à redução da fotossíntese (MARENCO; LOPES, 2005).

A fotossíntese está entre os processos mais sensíveis e responsivos a estresses e, por ter papel central no metabolismo vegetal, é esperado que o aparato fotossintético apresentasse elevada capacidade de resposta, ajuste e acoplamento ao ambiente. Assim, os mecanismos fisiológicos envolvidos nos padrões de respostas a variações ambientais podem ajudar a entender a significância funcional dessas variações, além de elucidar os limites de tolerância e aclimatação das espécies (PORTES, 2010).

Assim, o estudo do funcionamento da maquinaria fotossintética é um campo atraente e fundamental da Ecofisiologia Vegetal, que possibilita analisar a dinâmica da interação planta-ambiente. Nas últimas décadas, foi obtido um importante e acentuado avanço na instrumentação e nas técnicas utilizadas em Ecofisiologia, especialmente para acessar as respostas fotossintéticas, avaliando tanto a etapa fotoquímica quanto a bioquímica. Os analisadores de gases por infravermelho (IRGAs) e os fluorômetros merecem destaque, uma vez que possibilitam estimar prontamente as oscilações do aparato fotossintético sob condições experimentais controladas ou no campo (PORTES, 2010).

## **2.4 Estresse hídrico**

A água é um dos fatores ambientais determinantes para a sobrevivência dos vegetais, podendo comprometer as funções vitais ou estimular reações adaptativas que capacitem as plantas a sobreviverem por períodos longos de estresse hídrico (PIMENTEL, 2004). Ela é o principal constituinte dos vegetais, representando 50% da produção de massa fresca nas plantas lenhosas e cerca de 80 a 95% nas plantas herbáceas (LARCHER, 2000). Vários fatores podem afetar o consumo de água pelas plantas, tais como: a espécie; a fenologia da planta; características do solo e as condições climáticas (ROJAS, 2003).

A baixa disponibilidade de água no solo afeta os processos fisiológicos e metabólicos das plantas, com destaque para o crescimento celular, síntese de proteínas, transporte de fotoassimilados, transporte de nutrientes e o desempenho fotossintético, que limitam o crescimento e o acúmulo de biomassa nos vegetais (SOUSA; SOARES; REGINA, 2001).

O estresse hídrico afeta o crescimento nas plantas pela diminuição do potencial da água na folha e sua condutância estomática, promovendo o fechamento dos estômatos. Esse fechamento bloqueia o influxo de CO<sub>2</sub> para as folhas, afetando o acúmulo de fotoassimilados, o que implica redução do crescimento e produtividade (GHOLZ *et.al.*, 1990 *apud* SILVA, 2000). Embora a fotossíntese possa diminuir independente ao fechamento dos estômatos, o efeito do déficit hídrico sobre esse fechamento é o que mais contribui para a redução da assimilação de CO<sub>2</sub> e, conseqüentemente, para o crescimento da planta (TYREE *et. al.*, 1987 *apud* SILVA *et. al.*, 2000).

Também tem sido relatado que sob estresse hídrico severo, além das restrições estomáticas no suprimento de CO<sub>2</sub>, podem ocorrer limitações em componentes não estomáticos, com danos nos centros de reação do fotossistema II, os quais podem apresentar reversão parcial após reidratação (ANGELOPOULOS; DICHIO; XILOYANNIS, 1996). O uso dos parâmetros de fluorescência permite avaliar o efeito de vários tipos de estresses sobre a fotossíntese, entre eles o estresse hídrico que causa reduções nas taxas fotossintéticas. Há vários parâmetros de fluorescência *in vivo* que podem ser aplicados para detectar danos ao aparato fotossintético. A relação inversa entre a fluorescência das clorofilas *in vivo* e a atividade fotossintética pode ser usada para detectar efeitos na atividade fotossintética potencial de folhas e de estresses sobre plantas (ALLAHVERDIEV *et al.*, 1998 *apud* ROZA, 2010).

Em regiões onde ocorre estresse hídrico, um fator importante na produtividade da cultura é o uso de espécies ou variedades adaptadas às diferentes condições edáficas e climáticas, que sejam capazes de explorar com maior eficiência os nutrientes e a umidade disponíveis em cada situação (SHIGAKI *et al.*, 2003).

Os mecanismos de resistências à seca podem ser de três tipos: "evitar", "tolerar" e "escapar" à seca. No "evitar", as plantas fecham os estômatos e aprofundam o sistema radicular, para explorar um volume maior de solo, diminuindo o tamanho das células, aumentando o espessamento das paredes celulares e a cerosidade da cutícula; o "tolerar" está associado à habilidade da planta em manter o equilíbrio de suas funções fisiológicas em condições de déficit hídrico, e o "escapar" ocorre quando a planta antecipa o ciclo de desenvolvimento (SANTOS; CARLESSO, 1999).

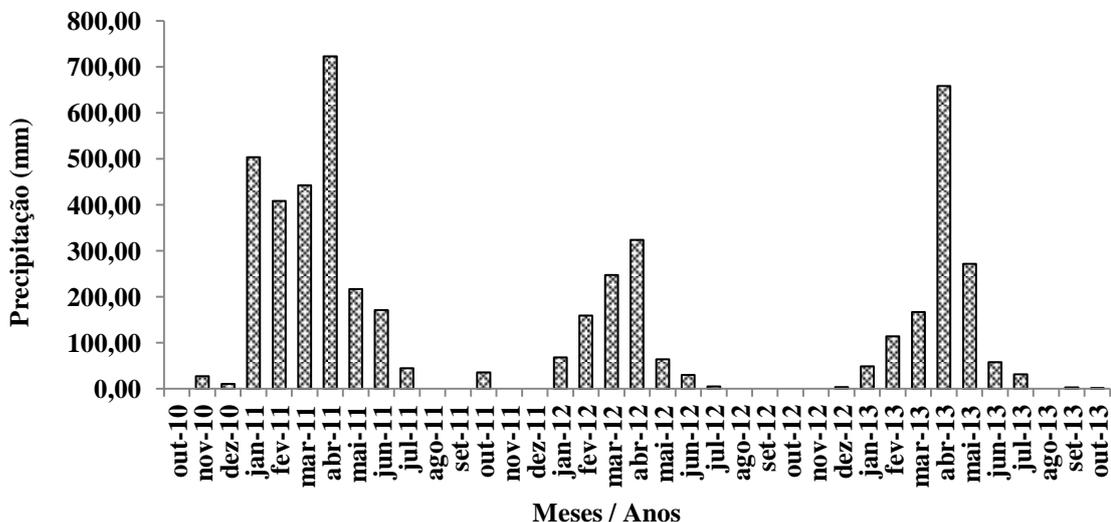
### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no período de outubro de 2010 a outubro de 2013, em área experimental conduzida pela Embrapa Agroindústria Tropical, localizada em um lote do Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú (abrange áreas dos municípios de Acaraú, Bela Cruz e Marco), contudo o mesmo foi conduzido em Acaraú - CE, em região limítrofe com o município de Marco - CE, a uma altitude de 56 m, com as seguintes coordenadas geográficas S 3° 06' 02" e W 40° 04' 05". O clima da região é do tipo Aw' (tropical chuvoso) de acordo com a classificação de Köpen. Predomina marcada alternância de estação chuvosa (janeiro a maio) e estação seca (junho a dezembro). A precipitação média anual varia em torno de 900 mm (Figura 1); Temperatura média anual igual a 28,1°C, umidade relativa do ar média anual de 70%, evaporação média anual de 1600 mm, insolação de 2.650 h/ano, e velocidade média dos ventos de 3,0 m/s (DNOCS, 2013).

O solo da área experimental foi classificado como Neossolo Quartzarênico e suas características físicas e químicas do solo estão apresentadas na Tabela 1. As análises físicas foram realizadas no Laboratório de Análises de Solos, Água e Plantas da Universidade Federal do Ceará e as análises químicas no Laboratório de Solos e Água da Embrapa Agroindústria Tropical. As análises subsidiaram a recomendação de adubação para o experimento.

Figura 1 - Distribuição das precipitações durante o período do experimento (Outubro de 2010 - Outubro de 2013), Acaraú - Ceará, 2014.



Fonte: Funceme (2014).

Tabela 1 - Análises física, química e físico/química do solo da área experimental, Acaraú - Ceará, 2014.

Camada (cm)	Composição Granulométrica (g/Kg)					Classificação Textural						
	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Argila Natural							
0 – 20	609	311	29	51	23	Areia						
20 – 50	602	296	35	67	50	Areia						
50 – 80	403	481	31	85	42	Areia Franca						
	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )		Umidade (g/100g)			Grau de Floculação (g/100g)						
	Global	Partícula	0,033 MPa	1,5 MPa	Água Útil							
0 – 20	1,51	2,69	4,02	3,11	1,90	55						
20 – 50	1,50	2,71	4,38	2,95	1,43	26						
50 – 80	1,50	2,72	4,62	3,27	1,35	51						
	pH	CE	MO	P	K <sup>+</sup>	Mg <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Na <sup>+2</sup>	H+Al <sup>+3</sup>	CTC	SB	V%
	Água	dS/m	g/Kg	mg/dm <sup>3</sup>	-----mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----							%
0 – 20	6,4	0,21	12,9	22,9	1,6	7,2	18,8	3,3	7,5	38,4	30,9	80,5
20 – 50	6,1	0,17	5,1	16,9	0,5	5,7	10,5	3,4	3,3	23,4	20,1	86,0
50 – 80	5,7	0,12	5,1	12,8	0,7	5,4	8,5	3,5	10,8	28,9	18,1	62,2

Fonte: Próprio autor

### 3.2 Preparo da área experimental

Para implantação do experimento preparou-se a área com roçada manual da vegetação de maior porte, aração e gradagem. Em seguida realizou-se o piqueteamento e instalação do sistema de irrigação por microaspersão.

### 3.3 Instalação da área experimental

Sementes das espécies foram coletadas de árvores localizadas no Ceará e Paraíba na safra de 2010 (Tabela 2). Após a coleta foram transportadas para o Laboratório de Recursos Genéticos e Melhoramento da Embrapa Agroindústria Tropical, onde foi realizado o beneficiamento e armazenamento em refrigerador (4 a 6 °C; 35 a 43% de umidade relativa).

As mudas foram produzidas, no viveiro do Campo Experimental de Pacajus (CEP) da Embrapa Agroindústria Tropical, pelo método de semeadura direta em tubetes de 288 cm<sup>3</sup> contendo a mistura: casca de arroz carbonizada + bagana de carnaúba triturada + solo hidromórfico, na proporção volumétrica de 3:2:2. Depois do término de produção, que ocorreu em média 60 dias após a germinação, as mudas passaram por um processo de rustificação, que durou mais 30 dias, para depois ser feito o plantio em campo. As mudas

apresentavam-se vigorosas, isentas de pragas e doenças e sem deficiências nutricionais (Tabela 2).

Tabela 2 – Espécies utilizadas no experimento, Acaraú - Ceará, 2014.

Nome comum	Nome científico	Local de coleta das sementes	Padrão das mudas (Plantio em campo)	
			Altura (m)	Diâmetro (cm)
Aroeira	<i>Myracroduton urudeuva</i>	Sobral, CE	0,27	0,54
Acácia	<i>Acacia mangium</i>	Fortaleza, CE	0,60	0,63
Frei jorge	<i>Cordia trichotoma</i>	Maranguape, CE	0,29	0,77
Nim	<i>Azedarach indica</i>	Eusébio, CE	0,30	0,67
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i>	Campina Grande, PB	0,49	0,70
Mogno africano	<i>Kaya ivorensis</i>	Pacajus, CE	0,16	0,40
Sobrasil	<i>Colubrina glandulosa</i>	Maranguape, CE	0,20	0,52

Fonte: Próprio autor

Em outubro de 2010 as espécies foram plantadas em sub parcelas experimentais de 6 x 28 m, constituídas por três linhas, composta de 15 plantas/linha, sendo a primeira e a terceira consideradas bordaduras, bem como a primeira e a última planta da linha central. O espaçamento utilizado foi de 3 m entre as linhas e 2 m entre plantas.

As covas de dimensões 20 x 20 x 20 cm receberam adubação de fundação na dose de 150 g, constituída por 120 g de NPK 10-28-20 mais 30 g de FTE BR 12. O adubo foi misturando ao solo retirado na abertura da cova e essa mistura retornou para o preenchimento e fechamento da mesma, onde posteriormente foi realizado o plantio das mudas.

Foi realizado replantio até 30 dias após o plantio, para substituição das mudas mortas ou que apresentaram desenvolvimento vegetativo inadequado.

Uma semana anterior ao plantio das mudas efetuou-se o semeio do feijão guandu Anã – cultivar IAPAR 43 entre as linhas das espécies florestais. Mensalmente, durante oito meses, procedeu-se o corte do feijão guandu mantendo a uma altura de 50 cm do solo e deixando-se os restos vegetais sobre a superfície do solo.

Durante o período experimental, a intervalos de seis meses, cada planta recebeu adubação de formação, que foi realizada por meio da incorporação de 50 g de NPK 10-28-20, disposto em meio circulo numa profundidade de 5 a 10 cm.

Aos 12 meses as espécies florestais foram podadas para melhoria da condução, com posterior aplicação de fungicida de contato (Cooper (II) oxychloride (OXICLORETO DE COBRE)).

O controle das plantas invasoras foi realizado por meio de capinas manuais nas linhas de plantio e o controle das formigas cortadeiras foi monitorado periodicamente na área e quando necessário, foi realizada a aplicação de formicida granulado e em pó (Sulfluramida).

O experimento foi instalado em uma área dividida em duas subáreas (parcelas), uma que foi irrigada continuamente (regime irrigado) e outra que a irrigação foi suspensa no final dos 12 primeiros meses (irrigação de salvamento). Nos primeiros 12 meses toda a área foi irrigada por microaspersão com turno de rega de um dia e uma lâmina de água de 2,7 mm dia<sup>-1</sup>. Após esse período somente no regime irrigado o turno de rega foi modificado para dois dias e lâmina de água de 5 mm dia<sup>-1</sup>.

### **3.4 Variáveis analisadas**

#### **3.4.1 Crescimento**

##### **3.4.1.1 Altura e diâmetro a altura do peito**

A altura foi acompanhada por medições semestrais durante o período de 36 meses, medindo-se a altura da planta inteira desde o colo até o ápice da planta. A primeira leitura foi realizada em outubro de 2010, logo após o término do plantio e a última em outubro de 2013. Utilizou-se uma régua de madeira de seis metros, régua de alumínio de 11 metros e hipsômetro de blume-leiss.

O diâmetro a altura do peito (DAP) obtido da transformação dos valores da circunferência a altura do peito (CAP) (1) também foi acompanhado por medições semestrais, feitas nas mesmas datas da altura, medindo - se o diâmetro a 1,30m do colo da planta, utilizando - se fita métrica. Nas duas primeiras leituras as medidas foram feitas 5 cm acima do colo da planta com uso de paquímetro, pois as plantas apresentavam altura inferior a 1,30 metros de altura.

$$DAP = CAP/\pi \tag{1}$$

### 3.4.1.2 Massa foliar específica e grau de suculência

Em novembro de 2012 foram selecionados quatro indivíduos em cada sub parcela experimental. Em cada um desses indivíduos um ramo foi marcado na base com uma fita vermelha. Após a marcação, as folhas usadas para determinar a massa foliar específica (MFE – g dm<sup>-2</sup>) e grau de suculência (GS – g (H<sub>2</sub>O) dm<sup>-2</sup>) foram coletadas em novembro de 2012 (estação seca) e maio de 2013 (estação chuvosa) e acondicionadas em saco plástico, colocadas dentro de isopor com gelo, levadas o mais rápido possível para o Laboratório de Fisiologia Vegetal/UFC. Para a medição da área foliar (AF - dm<sup>2</sup>), foi utilizado um scanner de geração de imagens (Area Meter, LI-COR 3100, Nebraska, EUA) e a massa fresca foliar (MFF – g) foi obtida por pesagem em balança de precisão. Na sequência as mesmas foram levadas ao Núcleo de Ensino, Extensão e Pesquisa em Agricultura Urbana – NEPAU/UFC, secas em estufa a 65°C por 48-72 horas, dependendo da estação do ano e velocidade de perda de água, até massas constantes e pesadas em balança de precisão para obtenção do valor de massa seca foliar (MSF – g).

A partir dos dados foram calculadas as seguintes variáveis de crescimento (MANTOVANI, 1999):

- a) Massa foliar específica:  $MFE = MSF/AF$  (g dm<sup>-2</sup>);
- b) Grau de suculência:  $GS = MFF - MSF/AF$  (g (H<sub>2</sub>O) dm<sup>-2</sup>).

### 3.4.2 Trocas gasosas

Os indivíduos marcados para análise de crescimento foram usados para as medições da condutância estomática ao vapor de água ( $g_s$  - mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), transpiração ( $E$  - mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), temperatura foliar (°C), taxa fotossintética líquida ( $A$  - μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e razão entre as concentrações intercelular e atmosférica de CO<sub>2</sub> ( $C_i/C_a$ ). A avaliação das trocas gasosas foram realizadas em novembro de 2012 (estação seca) e maio de 2013 (estação chuvosa), sempre entre 8:00 e 11:00 h, em folha completamente expandida, madura e em bom estado fitossanitário. Foi utilizado um medidor portátil de trocas gasosas (IRGA, mod. LCI System ADC, Hoddesdon, UK), as mensurações foram realizadas sob luz saturante com densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos de aproximadamente 1.200 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> e sob condições ambientais de temperatura e concentração de CO<sub>2</sub>. A partir dos dados

obtidos foi estimada a eficiência momentânea do uso da água ( $A/E - \mu\text{mol (CO}_2\text{) mol}^{-1} (\text{H}_2\text{O})$ ) e a eficiência intrínseca do uso da água ( $A/g_s - \mu\text{mol (CO}_2\text{) mol}^{-1} (\text{H}_2\text{O})$ ).

### **3.4.3 Fluorescência da clorofila**

Dos indivíduos marcados três foram usados para medição da máxima eficiência do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ). A avaliação da fluorescência da clorofila-a foi realizada em novembro de 2012 (estação seca) e maio de 2013 (estação chuvosa), entre as 08:00 e 15:00 horas, em folhas completamente expandidas em temperatura ambiente, aclimatadas ao escuro (com cliques foliares) por 30 min. Em seguida as folhas foram expostas a um pulso de luz saturante durante 5 s, em uma área de 4 mm de diâmetro com um arranjo de 6 LEDs numa intensidade de  $3.000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , seguindo metodologia sugerida por Maxwell e Johnson (2000). Foi utilizado um fluorômetro portátil (Plant Efficiency Analyser – MK2 – 9600, Hansatech, Norfolk, UK).

### **3.4.4 Teor relativo de clorofila**

Os teores relativos de clorofila (Índice SPAD) foram determinados em novembro de 2012 (estação seca) e maio de 2013 (estação chuvosa) em folhas completamente expandidas localizadas no terço médio das plantas, no período entre as 08:00 – 10:00 horas da manhã. As leituras foram feitas em cinco pontos de cada folha a cada lado da nervura na face adaxial, sendo considerado o valor da leitura o cálculo da média. Foi utilizado um clorofilômetro portátil (SPAD 502, Minolta Co., Ltd, Osaka, Japan), sendo os resultados expressos em unidades de leitura do aparelho.

### 3.5 Delineamento e análise experimental

Para as variáveis de crescimento o experimento foi conduzido seguindo um delineamento em medidas repetidas, em um arranjo com parcelas subsubdivididas, seguindo o modelo matemático conforme Gotelli e Ellison (2011):

$$y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \gamma_{ij} + \beta_k + (\alpha\beta)_{ik} + \gamma_{ijk} + \zeta_l + (\alpha\zeta)_{il} + (\beta\zeta)_{kl} + (\alpha\beta\zeta)_{ikl} + \varepsilon_{ijkl} \quad (2)$$

para  $i = 1, \dots, 2$ ,  $j = 1, \dots, 4$ ,  $k = 1, \dots, 7$ ,  $l = 1, \dots, 2$  onde

$\mu$  : constante comum a todas as observações,

$\alpha_i$  : efeito do  $i$ -ésimo regime hídrico,

$\gamma_{ij}$  : erro associado às parcelas ,

$\beta_k$  : efeito do  $k$ -ésimo espécie,

$(\alpha\beta)_{ik}$  : efeito da interação do  $i$ -ésimo regime hídrico e  $k$ -ésimo espécie,

$\zeta_l$  : efeito do  $l$ -ésimo tempo,

$(\alpha\zeta)_{il}$  : efeito da interação do  $i$ -ésimo regime hídrico e  $l$ -ésimo tempo,

$(\beta\zeta)_{kl}$  : efeito da interação do  $k$ -ésimo espécie e  $l$ -ésimo tempo,

$(\alpha\beta\zeta)_{ikl}$  : efeito da interação do  $i$ -ésimo regime hídrico,  $k$ -ésimo espécie e  $l$ -ésimo tempo,

$\varepsilon_{ijkl}$  : erro associado à observação  $y_{ijkl}$ .

Sendo as parcelas correspondentes aos dois regimes hídricos (irrigado e irrigação de salvamento), as subparcelas às sete espécies (Tabela 2) os e as subsubparcelas referentes aos sete períodos de análise (0, 6, 12, 18, 24, 30 e 36 meses após o plantio). As 12 plantas centrais selecionadas excluindo as bordaduras, foram distribuídas em quatro repetições composta por três plantas cada.

Para as demais variáveis o experimento foi conduzido seguindo um delineamento em medidas repetidas, em um arranjo com parcelas subsubdivididas, seguindo o modelo matemático (1) sendo as parcelas correspondentes aos os dois regimes hídricos (irrigado e irrigação de salvamento), as subparcelas às sete espécies (Tabela 2) e as subsubparcelas referentes às duas estações (seca e chuvosa). As quatro plantas selecionadas foram distribuídas em quatro repetições composta por uma planta cada. Com exceção dos teores relativos de clorofila (Índice SPAD) que tiveram cinco plantas respectivamente selecionadas, distribuídas em cinco repetições composta por uma planta cada.

Os dados foram submetidos à análise de variância para verificação dos efeitos isolados e da interação entre fatores. Os dados relativos aos períodos de análise e suas interações significativas foram desdobrados em análise de regressão, sendo o modelo escolhido pelo  $R^2$  ajustado. Enquanto os dados relativos aos fatores regime hídrico, espécie, estação e suas interações significativas tiveram suas médias comparadas e desdobradas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software de Análise de Variância para Dados Balanceados (SISVAR), desenvolvido por Ferreira (2000).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Crescimento

#### 4.1.1 Altura e diâmetro a altura do peito

O resumo da análise de variância para a altura e diâmetro a altura do peito (DAP) está apresentada na Tabela 3. Verificou-se efeito significativo dos fatores isolados (espécie, regime hídrico e período de avaliação) em todas as variáveis, exceto a variável diâmetro que não apresentou significância para regime hídrico. Houve efeito significativo das interações em todas as variáveis.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) referente à altura e diâmetro em sete espécies arbóreas cultivadas em dois regimes hídricos (irrigado e irrigação de salvamento) durante sete períodos após o plantio, Acaraú - Ceará, 2014.

FV	GL	QM	
		ALTURA	DAP
Regime (A)	1	5,540169**	2,676429ns
Resíduo (a)	6	0,588466	2,447963
Espécie (B)	6	179,557998**	372,819179**
Interação AxB	6	5,926009**	8,026158**
Resíduo (b)	36	0,877760	1,709142
Período (C)	6	320,604761**	388,572986**
Interação AxC	6	1,657400**	1,546754**
Interação BxC	36	17,042800**	26,285531**
Interação AxBxC	36	1,141211**	0,952056**
Resíduo (c)	252	0,120181	0,229445
CV <sub>(a)</sub> (%)	-	19,91	35,17
CV <sub>(b)</sub> (%)	-	24,31	29,39
CV <sub>(c)</sub> (%)	-	9,00	10,77

<sup>ns</sup> Não significativo, pelo teste F; \* Significância ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; \*\* Significância ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

Fonte: Próprio autor

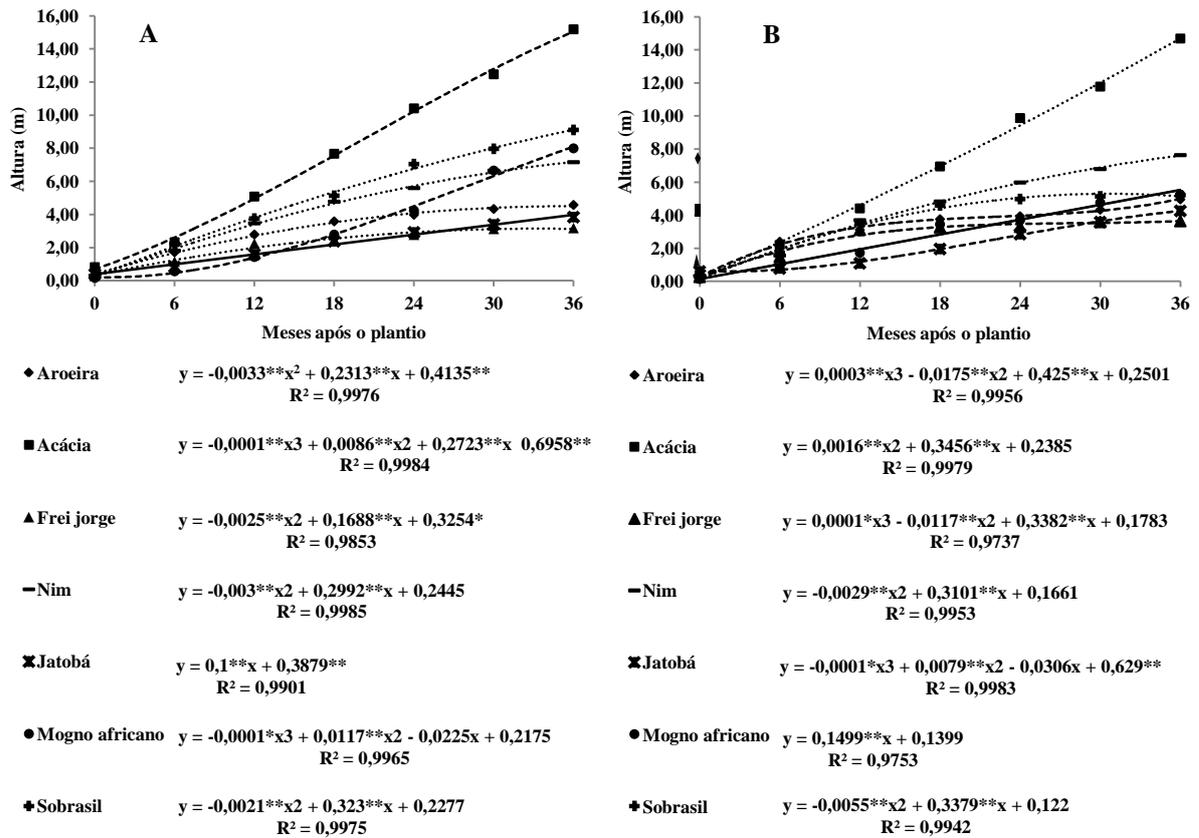
Na Figura 2A observa-se que as equações de regressão ajustadas para a altura das espécies em função dos períodos de avaliações no regime irrigado apresentaram ajuste cúbico (acácia e mogno africano), quadrático (aroeira, frei Jorge, nim e sobrasil) e linear (jatobá) com coeficientes de determinação acima de 95%.

Na figura 2B encontram-se as equações de regressão ajustadas para a altura das espécies em função dos períodos de avaliações na irrigação de salvamento. Os modelos

ajustados foram cúbicos (aroeira, frei Jorge e jatobá), quadráticos (acácia, nim e sobrasil) e linear (mogno africano) com coeficientes de determinação acima de 95%.

Considerando os períodos de avaliação nos regime hídricos observou-se que o crescimento em altura das espécies teve pouca variação até os seis primeiros meses. A partir deste, ocorreram os primeiros sinais de explosão de crescimento para as espécies (Figura 2).

Figura 2 - Altura em sete espécies arbóreas cultivadas em regime irrigado (A) e irrigação de salvamento (B), durante sete períodos após o plantio, ao longo de 36 meses, Acaraú - Ceará, 2014.



Fonte: Próprio autor

Para o crescimento em altura, observa-se superioridade da acácia e nim em todos os períodos avaliados independente do regime (Figura 2). Essas espécies apresentam, respectivamente, 15,18 e 7,15 m de altura com incremento médio anual de 5,06 e 2,38 m no regime irrigado e 14,69 e 7,64 m de altura com incremento médio anual de 4,90 e 2,55 m na irrigação de salvamento aos 36 meses, sendo estes resultados acima dos apresentados pela literatura. Em plantio a pleno sol em Manaus, AM, Sousa (2010) observou em acácia, altura média de 14,5 m, aos seis anos. Já Souza (2004), avaliando o crescimento de acácia em plantios homogêneos registrou valores médios de alturas de 14,0 m, aos quatro anos. Mano (2006), estudando plantio de nim no oeste do estado de São Paulo, observou médias de altura

de 3,47 m aos 24 meses. Enquanto Santos (2007) estudando a composição florística dos sistemas agroflorestais comerciais contendo nim no espaçamento 4 x 4 m em áreas de agricultores familiares do Município de Igarapé-Açu, PA, registrou alturas de 5,8 m de altura aproximadamente aos seis anos de idade.

Também observa-se superioridade em altura do sobrasil e mogno africano em todos os períodos avaliados, mas somente para o regime irrigado (Figura 2A). Essas espécies apresentaram respectivamente, 9,10 e 7,99 m de altura com incremento médio anual de 3,03 e 2,66 m no regime irrigado e 5,22 e 5,25 m de altura com incremento médio anual de 1,74 e 1,75 m na irrigação de salvamento aos 36 meses, sendo estes resultados acima dos apresentados pela literatura. De acordo com Gil (2013), avaliando crescimento de mogno africano em plantio homogêneo em Nossa Senhora do Livramento, MT, observou alturas médias de 7,9, 12,9 e 17,6 m, respectivamente aos 28, 41 e 80 meses de idade. Castro (2005) estudando desenvolvimento de mogno africano em sistema silvipastoril em Belém, PA registrou alturas médias 6,82 m aos 32 meses de idade. Em Colombo, PR e Cianorte, PR no espaçamento 3 x 2 m, os valores médios de altura em sobrasil registrados por Carvalho (2005), se situaram na faixa de 2,50 a 10,10 m, respectivamente aos 4 e 7 anos de idade.

Aroeira, jatobá e frei jorge apresentaram respectivamente, 4,57, 3,83 e 3,18 m de altura com incremento médio anual de 1,52, 1,28 e 1,06 m no regime irrigado e 4,96, 4,27 e 3,65 m de altura com incremento médio anual de 1,65, 1,42 e 1,22 m na irrigação de salvamento aos 36 meses, estes valores foram inferiores das demais espécies estudadas. Quando comparados os resultados destas independente do regime hídrico, com outros trabalhos, observa-se que em sua totalidade resultados acima dos apresentados na literatura. Em Nossa Senhora do Livramento, MT, no espaçamento 3 x 3 m os valores médios de altura observados em aroeira por Sousa *et al.*, (2013), apresentaram 6,4 e 6,9 m, respectivamente aos 42 e 54 meses. Radomski, Silva e Cardoso (2012), em Realeza, PR estudando frei jorge registraram alturas médias de 1,35, 4,30, 5,90, 7,1 e 9,6 m, respectivamente aos 2, 5, 7, 8 e 10 anos. Em plantio a pleno sol em Manaus, AM, Sousa (2010) observou em jatobá altura média de 10,8 m, aos seis anos. TONINI (2005) estudando a dendrometria de espécies nativas em plantios homogêneos no estado de Roraima observou em jatobá altura média de 6,0 m aos sete anos de idade.

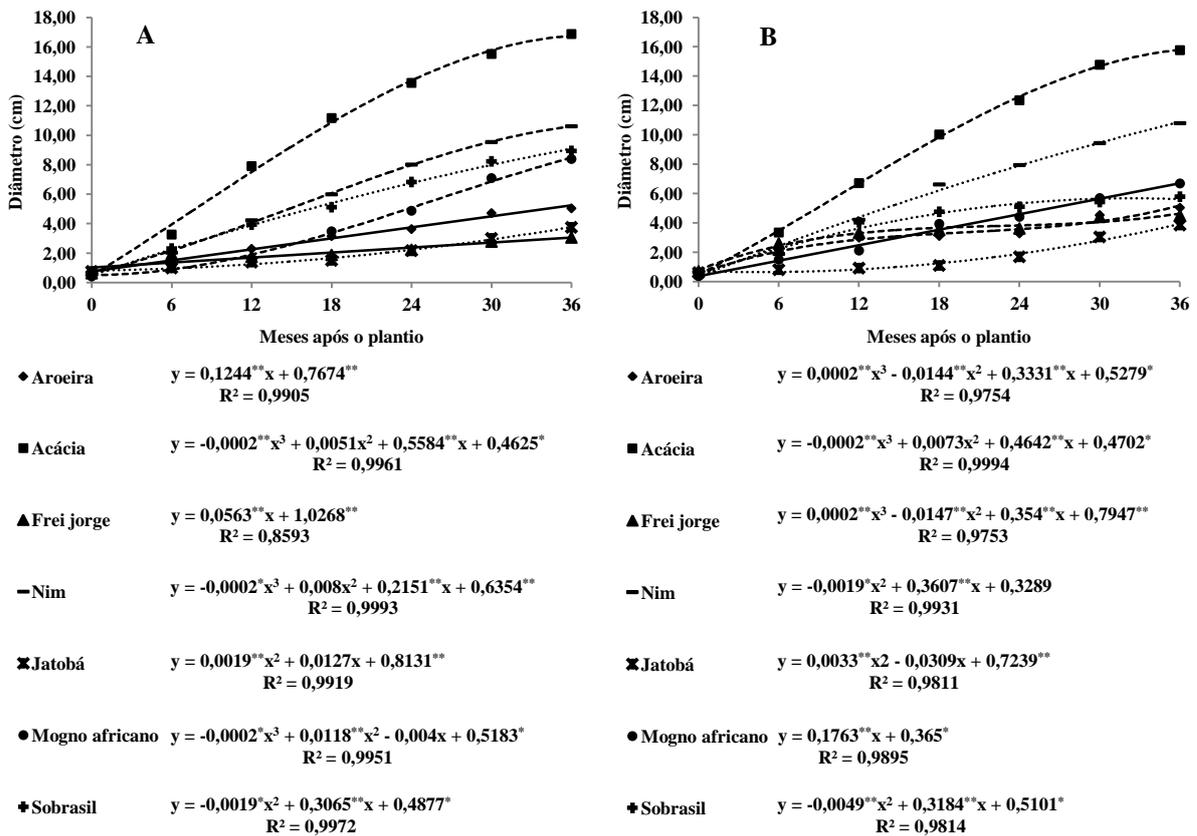
Observa-se que as equações de regressão ajustadas (Figura 3A) para o diâmetro das espécies em função dos períodos de avaliações no regime irrigado apresentaram ajuste

cúbico (acácia, nim e mogno africano), quadrático (jatobá e sobrasil) e linear (aroeira e frei jorge) com coeficientes de determinação acima de 95%.

Na figura 3B encontram-se as equações de regressão ajustadas para o diâmetro das espécies em função dos períodos de avaliações na irrigação de salvamento. Os modelos ajustados foram cúbico (aroeira, acácia e frei Jorge), quadrático (nim, jatobá e sobrasil) e linear (mogno africano) com coeficientes de determinação acima de 95%.

Considerando os períodos de avaliação nos regime hídricos observou-se que o crescimento em diâmetro das espécies teve pouca variação até os seis primeiros meses. A partir deste, ocorreram os primeiros sinais de explosão de crescimento para as espécies (Figura 3).

Figura 3 - Diâmetro em sete espécies arbóreas cultivadas em regime irrigado (A) e irrigação de salvamento (B), durante sete períodos após o plantio, ao longo de 36 meses, Acaraú - Ceará, 2014.



Fonte: Próprio autor

Para o diâmetro, observa-se superioridade da acacia e nim em todos os períodos avaliados independente do regime (Figura 3). Essas espécies apresentam, respectivamente, 16,88 e 10,62 cm de diâmetro com incremento médio anual de 5,63 e 3,54 cm no regime irrigado e 15,78 e 10,80 cm de diâmetro com incremento médio anual de 5,26 e 3,60 cm na

irrigação de salvamento aos 36 meses, sendo estes resultados acima dos apresentados pela literatura. Em plantio a pleno sol em Manaus, AM, Sousa (2010) observou em acácia diâmetro médio de 24,4 cm, respectivamente aos seis anos. Já Souza (2004) avaliando o crescimento de acácia em plantios homogêneos registrou valores médios de diâmetros de 9,5 cm, aos quatro anos. Mano (2006), estudando plantio de nim no oeste do estado de São Paulo, observou médias de diâmetro de 3,95 cm aos 24 meses. Enquanto Santos (2007) estudando a composição florística dos sistemas agroflorestais comerciais contendo nim no espaçamento 4 x 4 m em áreas de agricultores familiares do Município de Igarapé-Açu, PA, registrou diâmetros de 9,8 cm aproximadamente aos seis anos de idade.

Também observa-se superioridade em diâmetro do sobrasil e mogno africano em todos os períodos avaliados, mas somente para o regime irrigado (Figura 3A). Essas espécies apresentaram respectivamente, 9,10 e 7,99 cm de diâmetro com incremento médio anual de 3,03 e 2,66 cm no regime irrigado e 5,22 e 5,25 m de diâmetro com incremento médio anual de 1,74 e 1,75 cm na irrigação de salvamento aos 36 meses, sendo estes resultados acima dos apresentados pela literatura. Gil (2013) avaliando crescimento de mogno africano em plantio homogêneo em Nossa Senhora do Livramento, MT, observou diâmetros médios de 11,3, 13,2 e 22,6 cm, respectivamente aos 28, 41 e 80 meses de idade. Castro (2005) estudando desenvolvimento de mogno africano em sistema silvipastoril em Belém, PA registrou diâmetro médio de 8,74 cm aos 32 meses de idade. Em Colombo, PR e Cianorte, PR no espaçamento 3 x 2 m, os valores médios de diâmetro em sobrasil registrados por Carvalho (2005), se situaram na faixa de 4,5 a 10,7 cm, respectivamente aos 4 e 7 anos de idade.

Aroeira, jatobá e frei jorge apresentaram respectivamente, 5,05, 3,76 e 3,07 de diâmetro com incremento médio anual de 1,68, 1,25 e 1,02 cm no regime irrigado e 5,04, 3,86 e 4,51 cm de diâmetro com incremento médio anual de 1,68, 1,29 e 1,50 cm na irrigação de salvamento aos 36 meses, estes valores foram inferiores das demais espécies estudadas. Quando comparados os resultados destas independente do regime hídrico, com outros trabalhos, observa-se em sua totalidade resultados acima dos apresentados ou com potencial para alcançar os resultados na literatura. Sousa *et al.* (2013), estudando aroeira no espaçamento 3,0 x 3,0 m em Nossa Senhora do Livramento, (MT), anotou diâmetros de 7,7 e 9,3 cm, respectivamente aos 42 e 54 meses. Radomski, Silva e Cardoso (2012), em Realeza, PR estudando frei jorge registraram diâmetros médios de 8,40, 10,30, 16,8 e 18,2 cm respectivamente aos 5, 7, 8 e 10 anos. Em plantio a pleno sol em Manaus, AM, Sousa (2010) observou em jatobá diâmetro médio de 11,5 cm, aos seis anos e TONINI (2005) estudando a

dendrometria de espécies nativas em plantios homogêneos no estado de Roraima observou em jatobá diâmetro de 8,6 cm aos sete anos de idade.

Observa-se pela análise do incremento médio anual em diâmetro e altura, que todas as espécies estudadas apresentaram bom desempenho, com incrementos médios em diâmetro acima de 1 cm e incrementos médios em altura acima de 1 m. Mostrando-se bem superiores aos observados em florestas naturais na Amazônia. Silva et al. (1995), observaram um incremento periódico anual em diâmetro de 0,3 cm para todas as espécies e 0,4 cm para as espécies comerciais, onze anos após a colheita.

O maior crescimento em altura de acácia e sobrasil em relação às outras espécies pode estar relacionado a diferentes padrões de crescimento das espécies, estratégias de adaptação ou diferentes necessidades ecológicas e fisiológicas, demonstrando diferenças quanto à eficiência no uso dos recursos disponíveis no local.

Somente as espécies sobrasil e mogno africano apresentaram melhores médias de altura aos 36 meses no regime irrigado com diferença estatística entre os regimes hídricos. Os menores valores médios em altura e diâmetro observados em sobrasil e no diâmetro em mogno africano na irrigação de salvamento (Figuras 2B e 3B) com diferenças estatísticas para o regime irrigado sugerem um efeito negativo da baixa disponibilidade hídrica nessas espécies.

Zhu (2001) cita que o crescimento celular é o processo mais afetado pela baixa disponibilidade hídrica, devido à redução da turgescência, tendo a divisão e a expansão celular inibidas pelo estresse hídrico. Em condições de estresse hídrico, as implicações do balanço de carbono comprometem o investimento da planta no acúmulo de reservas que se traduzem em crescimento (LARCHER, 2000). Entretanto, os efeitos do estresse variam entre os tecidos da planta de forma que, de uma maneira geral, ocorre uma redução do crescimento da parte aérea em favor do crescimento radicular, como estratégia de adaptação ao déficit hídrico (BURKE, 2007 *apud* ATROCH, 2008). Baixas taxas de crescimento e de fotossíntese, elevada razão raiz/parte aérea, menor capacidade de aquisição de nutrientes e de renovação de tecidos são normalmente características esperadas de plantas submetidas ao estresse hídrico (LAMBERS; PORTER 1992; RAMOS, 2004).

De um modo geral, as espécies apresentam crescimento em diâmetro e altura promissoras. O crescimento das espécies estudadas, indica o potencial de estabelecimento nas condições edafoclimáticas da região.

#### 4.1.2 Massa foliar específica e grau de suculência

O resumo da análise de variância para a massa específica foliar (MFE) e grau de suculência (GS) está representada na Tabela 4. Os fatores isolados, as interações duplas e a interação tripla influenciaram significativamente as variáveis analisadas. Com exceção da interação regime x estação que não houve efeito significativo para as variáveis, assim como também para o fator isolado estação para o GS.

Tabela 4 – Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) referente à massa foliar específica (MFE) e grau de suculência (GS) em sete espécies arbóreas cultivadas em dois regimes hídricos (irrigado e irrigação de salvamento) e durante duas estações (seca e chuvosa), Acaraú - Ceará, 2014.

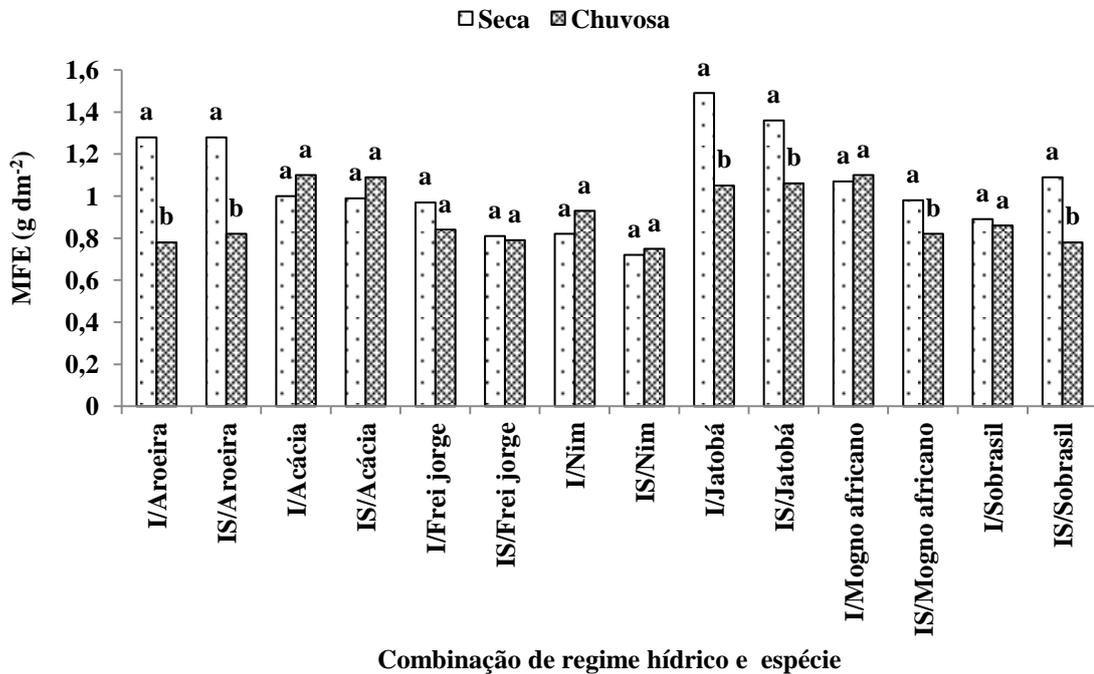
FV	GL	QM	
		MFE	GS
Regime (A)	1	0,098836**	0,097255*
Resíduo (a)	6	0,002635	0,008154
Espécie (B)	6	0,342600**	1,357088**
Interação AxB	6	0,031237**	0,045623*
Resíduo (b)	36	0,008077	0,018251
Estação (C)	1	0,563242**	0,022298 <sup>ns</sup>
Interação AxC	1	0,010137 <sup>ns</sup>	0,025034 <sup>ns</sup>
Interação BxC	6	0,187157**	0,237205**
Interação AxBxC	6	0,025890*	0,055948**
Resíduo (c)	42	0,008340	0,016116
CV <sub>(a)</sub> (%)	-	5,22	5,58
CV <sub>(b)</sub> (%)	-	9,14	8,35
CV <sub>(c)</sub> (%)	-	9,28	7,85

<sup>ns</sup> Não significativo, pelo teste F; \* Significância ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; \*\* Significância ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

Fonte: Próprio autor

Na Figura 4 são apresentados os dados obtidos de massa foliar específica (MFE) nas combinações de regime hídrico e espécie. Na estação seca foram observados os maiores valores médios de MFE, com variações de 0,22 g dm<sup>-2</sup> (nim sob irrigação de salvamento) a 1,49 g dm<sup>-2</sup> (jatobá irrigado), só ocorrendo diferença estatística nas espécies aroeira e jatobá e no sobrasil sob irrigação de salvamento. Aroeira irrigada apresentou a maior variação de MFE reduzindo de 1,28 g dm<sup>-2</sup> na estação seca para 0,78 g dm<sup>-2</sup> na estação chuvosa com diferença estatística, enquanto que o frei jorge na irrigação de salvamento a menor variação reduzindo de 0,81 g dm<sup>-2</sup> na estação seca para 0,79 g dm<sup>-2</sup> na chuvosa sem diferenciação estatística.

Figura 4 - Massa foliar específica (MFE) em sete espécies arbóreas cultivadas em dois regimes hídricos (irrigado (I) e irrigação de salvamento (IS)) durante duas estações (seca e chuvosa). Colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014.



Fonte: Próprio autor

Na estação seca a maiores médias de MFE com diferenças estatísticas foram apresentadas pela aroeira e jatobá independente do regime hídrico, do mogno africano e sobrasil na irrigação de salvamento. As demais combinações de espécies e regimes hídricos não apresentarem diferença estatística para as estações, confirmando seus potenciais de produção sob limitação hídrica (Figura 4).

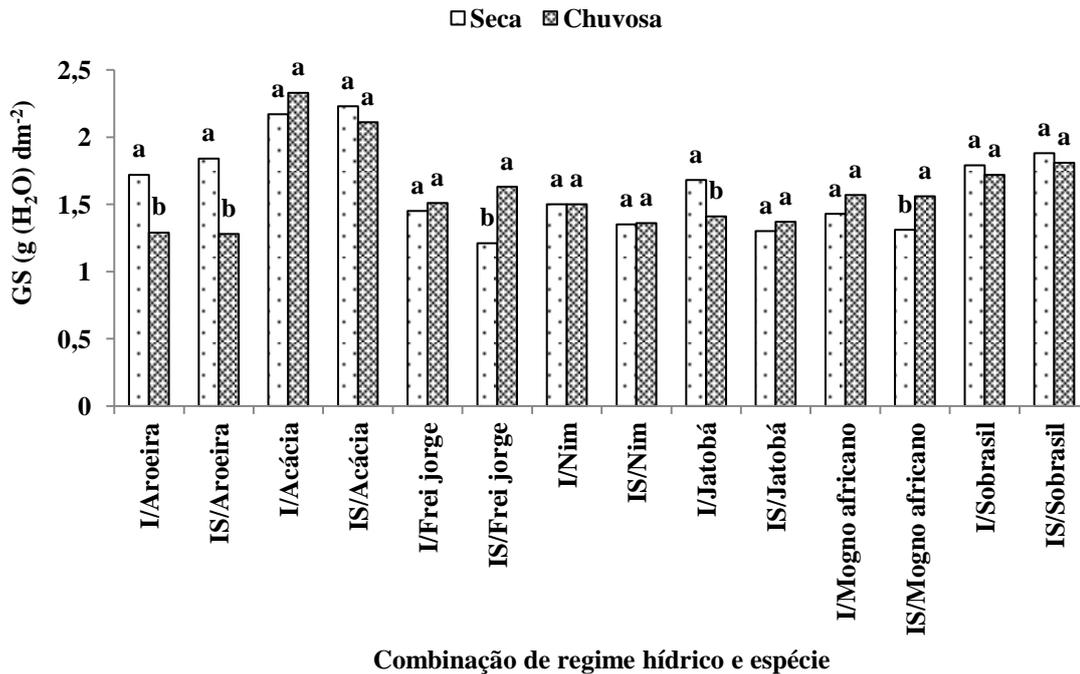
Os maiores valores médios de MFE na estação seca mostra seu maior investimento em massa que em área ao longo dos meses. No caso da aroeira e jatobá uma possível explicação para esse comportamento seria o seu comportamento caducifólio, já em relação ao sobrasil o efeito parece ser apenas na falta de água já que no regime irrigado não houve diferença estatística. Wright *et al.* (2002) explicaram que em ambientes secos uma diminuição na área foliar específica não necessariamente confere um aumento na longevidade foliar, mas sim um aumento no reforço estrutural da folha que permitirá uma maior resistência ao murchamento durante a estação seca.

À medida que a quantidade de água diminui, a célula encolhe cada vez mais e as paredes relaxam, os solutos ficam cada vez mais concentrados e a membrana plasmática torna-se mais espessa, uma vez que cobre uma área menor (NELSON; MOSER, 1994).

Börkman (1981), afirmou que sob condições de estresse, há aumento na massa foliar específica, o que conduz a um maior volume interno para difusão de CO<sub>2</sub>, para manter o status hídrico foliar e maior volume celular para abrigar o aparelho fotossintético.

Analisando - se o grau de suculência (GS) nas combinações de regime e espécie (FIGURA 5), não foi observada muita variação entre a estação seca e chuvosa, sugerindo que as espécies regularam sua condutância estomática visando economia hídrica ou teve acesso à água em camadas mais profundas do solo. A espécie aroeira e as combinações jatobá irrigado, mogno africano e frei Jorge na irrigação de salvamento apresentaram diferença estatística. As maiores amplitudes foram observadas na aroeira não irrigada (0,56 g (H<sub>2</sub>O) dm<sup>-2</sup>) e irrigada (0,43 g (H<sub>2</sub>O) dm<sup>-2</sup>).

Figura 5 - Grau de suculência (GS) em sete espécies arbóreas cultivadas em dois regimes hídricos (irrigado (I) e irrigação de salvamento (IS)) e durante duas estações (seca e chuvosa). Colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (P ≤ 0,05), Acaraú - Ceará, 2014.



Fonte: Próprio autor

A tendência dos valores mais elevados de GS no período seco na aroeira (Figura 5) possivelmente está relacionada ao fato de muitas vezes, as plantas possuírem tecidos especializados no armazenamento de água, ou ainda aumento do número de camadas de tecidos especializados na produção de fotoassimilados, como o parênquima paliçádico

(ARAUS; HOGAN, 1994). Adicionalmente parece ser um indicativo de uma maior capacidade de retenção de água na folha, proporcionando fontes alternativas ou imediatas durante momentos de menor disponibilidade hídrica ou em resposta a pequena redução do potencial hídrico como o descrito por Lamont and Lamont (2000) *apud* Lima (2013). Wright *et al.* (2002) explicaram que em ambientes secos uma diminuição na área foliar específica não necessariamente confere um aumento na longevidade foliar, mas sim um aumento no reforço estrutural da folha que permitirá uma maior resistência ao murchamento durante a estação seca.

Foi observado que o conteúdo de água das plantas pode apresentar variações dependendo da precipitação (Figura 5). segundo Levitt (1980) a resistência de uma planta à seca deve-se à manutenção de certas características morfológicas e fisiológicas, incluindo aumento de absorção de água do solo através de diminuição do potencial da água (por ajuste osmótico), extensão do sistema radicular, redução da superfície transpirante (na área foliar ou mesmo através da abscisão), armazenamento de água e aumento da capacidade hidráulica (ou de condução pelo xilema).

### 4.3 Trocas gasosas

A análise de variância para a condutância estomática ao vapor de água ( $g_s$ ), transpiração ( $E$ ), temperatura foliar, taxa fotossintética líquida ( $A$ ), eficiência momentânea do uso da água ( $A/E$ ), eficiência intrínseca do uso da água ( $A/g_s$ ) e razão entre as concentrações intercelular e atmosférica de  $\text{CO}_2$  ( $C_i/C_a$ ) está representada na Tabela 5. Observou-se efeito significativo dos fatores isolados e das interações sobre a  $g_s$ ,  $E$ ,  $A$ ,  $A/g_s$  e  $C_i/C_a$  com exceção do fator regime na  $E$  e  $C_i/C_a$ , do fator estação na  $A$  e da interação tripla na  $g_s$ . Verificou-se efeito significativo dos fatores espécie e estação e das interações regime x espécie sobre a temperatura foliar e  $A/E$ , com as interações regime x estação e espécie x estação as influenciado respectivamente.

Tabela 5 – Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) referente à condutância estomática ao vapor de água ( $g_s$ ), transpiração ( $E$ ), temperatura foliar, taxa fotossintética líquida ( $A$ ), eficiência momentânea do uso da água ( $A/E$ ), eficiência intrínseca do uso da água ( $A/g_s$ ) e razão entre as concentrações intercelular e atmosférica de  $\text{CO}_2$  ( $C_i/C_a$ ) em sete espécies arbóreas cultivadas em dois regimes hídricos (irrigado e irrigação de salvamento) e durante duas estações (seca e chuvosa), Acaraú - Ceará, 2014.

FV	GL	QM						
		$g_s$	$E$	Temp. foliar	$A$	$A/E$	$A/g_s$	$C_i/C_a$
Regime (A)	1	0,1643**	16,4263 <sup>ns</sup>	47,5215 <sup>ns</sup>	171,8110**	0,7377 <sup>ns</sup>	1709,3339**	0,0376 <sup>ns</sup>
Resíduo (a)	6	0,0048	5,5842	18,2847	5,5490	0,1760	245,2153	0,0071
Espécie (B)	6	0,1624**	17,6298**	11,7753**	122,0402**	0,8488**	933,3094**	0,0219**
Interação AxB	6	0,0205**	10,5502**	1,2661*	26,6641**	0,4896**	591,6414**	0,0109**
Resíduo (b)	36	0,0070	0,9363	0,2554	4,3039	0,0795	112,3191	0,0022
Estação (C)	1	0,3873**	134,8609**	70,7300**	8,3445 <sup>ns</sup>	6,0595**	8428,5143**	0,1319**
Interação AxC	1	0,0087**	16,1876**	18,6533**	87,7613**	0,1332 <sup>ns</sup>	1571,4928**	0,0287**
Interação BxC	6	0,0364**	5,9192**	0,4811 <sup>ns</sup>	21,5166**	0,2766**	404,5974**	0,0082**
Interação AxBxC	6	0,0092 <sup>ns</sup>	4,5438**	0,6063 <sup>ns</sup>	19,2250**	0,1178 <sup>ns</sup>	269,0814*	0,0044*
Resíduo (c)	42	0,0066	0,9763	0,6100	4,489572	0,0707	95,7726	0,0018
CV <sub>(a)</sub> (%)	-	21,68	34,04	12,86	18,93	22,62	34,57	11,26
CV <sub>(b)</sub> (%)	-	26,14	13,94	2,06	16,67	15,23	23,40	6,29
CV <sub>(c)</sub> (%)	-	25,35	14,23	2,35	17,03	14,37	21,61	5,69

<sup>ns</sup> Não significativo, pelo teste F; \* Significância ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; \*\* Significância ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

Fonte: Próprio autor

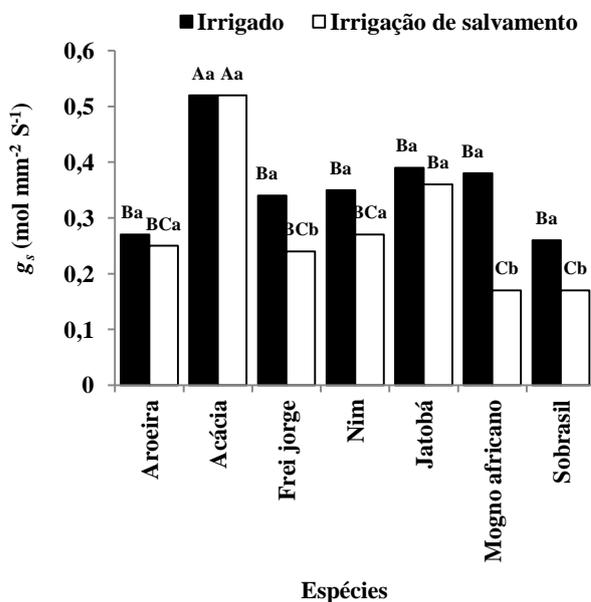
Na figura 6 são apresentados os dados obtidos da condutância estomática ao vapor de água ( $g_s$ ) de regime e espécie. No regime irrigado estão presentes as maiores  $g_s$ , com diferença estatística para frei jorge, mogno africano e sobrasil.

Na estação chuvosa, a  $g_s$  apresentou-se mais elevada, sendo registrada maior variação entre as estações na irrigação de salvamento indo de 0,19 na estação seca a 0,37 mol  $m^{-2} s^{-1}$  na estação chuvosa com diferença estatística (Figura 7).

Valores superiores de  $g_s$  foram encontrados na estação chuvosa, embora só tenha ocorrido diferença estatística em Acácia, a mesma apresentou a maior variação de  $g_s$  indo de 0,34 mol  $mm^{-2} s^{-1}$  na estação seca para 0,67  $mm^{-2} s^{-1}$  na estação chuvosa (Figura 8).

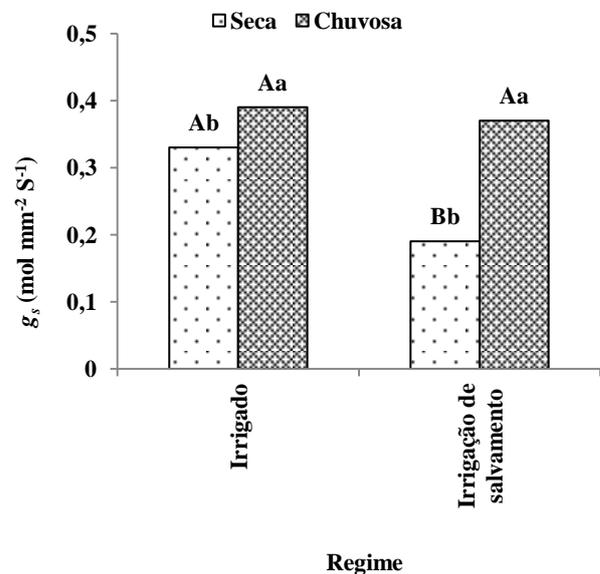
A sensibilidade da  $g_s$  demonstrada frente a reduções da disponibilidade hídrica indicam uma forte regulação estomática permitindo à planta menor transpiração controlando a perda de água e diminuindo os possíveis danos a planta, apesar da redução da assimilação de  $CO_2$  (A).

Figura 6 - Condutância estomática ao vapor de água ( $g_s$ ) em sete espécies arbóreas cultivadas em regime irrigado e irrigação de salvamento. Colunas seguidas pelas mesmas letras minúsculas em uma mesma espécie ou maiúsculas em um mesmo regime hídrico não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014.



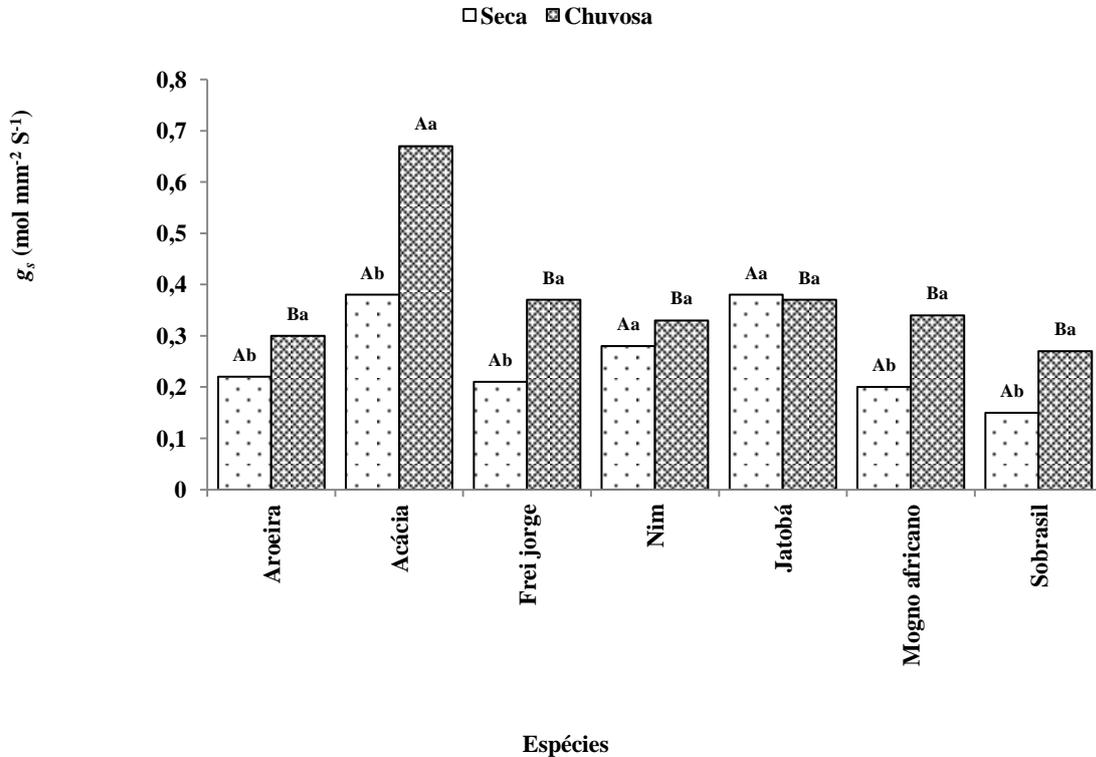
Fonte: Próprio autor

Figura 7 - Condutância estomática ao vapor de água ( $g_s$ ) em regime irrigado e irrigação de salvamento. Colunas seguidas pelas mesmas letras minúsculas em um mesmo regime hídrico ou maiúsculas em uma mesma estação não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014.



Fonte: Próprio autor

Figura 8 - Condutância estomática ao vapor de água ( $g_s$ ) em sete espécies arbóreas durante a estação seca e chuvosa. Colunas seguidas pelas mesmas letras minúsculas em uma mesma espécie ou maiúsculas em uma mesma estação não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014.



Fonte: Próprio autor

Mariano *et al.* (2009), verificaram que a suspensão da irrigação levou a uma diminuição da  $g_s$ . Essa diminuição da  $g_s$  também foi observada por Queiroz *et al.* (2002) em plantas de aroeira submetidas a 14 dias de déficit hídrico. A sensibilidade de  $g_s$  a redução da disponibilidade hídrica também foi encontrada por David *et al.* (1997) em *Eucalyptus grandis* e em pinhão manso (*Jatropha curcas*) por Maes *et al.* (2009).

Alterações na condutância estomática podem ser entendidas como um poderoso mecanismo fisiológico que as plantas terrestres vasculares possuem para o controle da transpiração, uma vez que as plantas perdem água principalmente quando os estômatos estão abertos (REIS, 1997).

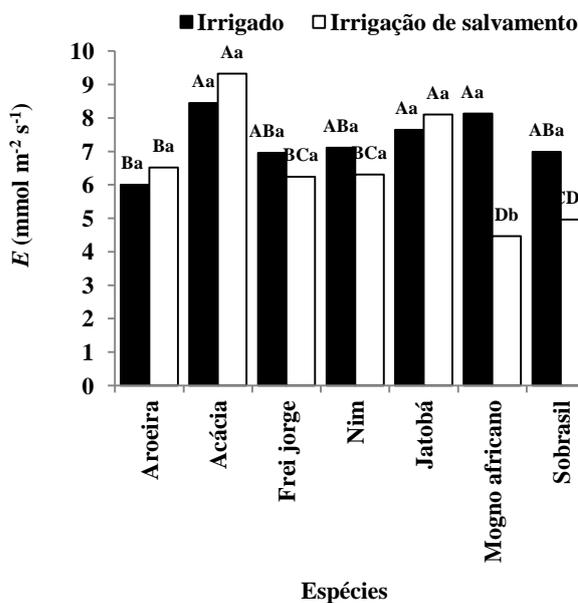
Costa e Marengo (2007), afirmam que em situações de baixa disponibilidade hídrica no solo as plantas reduzem a perda de água ao reduzir a condutância estomática. Presume-se que, a ponto de evitar que o potencial hídrico da folha diminua abaixo de níveis considerados críticos para a estabilidade do sistema de transporte de água, a condutância estomática é diminuída (Oren *et al.*, 1999).

O efeito da seca é muito variado e depende muito da intensidade de déficit de água no solo que a planta está submetida. Uma redução na condutância estomática afeta uma série de interações planta-ambiente, uma vez que os estômatos são pontos de controle de vapor d'água e balanço de energia entre o vegetal e o ambiente. Embora a redução na taxa de perda de água possa representar uma vantagem imediata para prevenir a desidratação do tecido, ela pode afetar diretamente o balanço de calor sensível sobre o vegetal, e ainda a absorção de CO<sub>2</sub> e conseqüentemente a taxa fotossintética (BRUNINI e CARDOSO, 1998).

Valores mais elevados de transpiração (*E*) foram observados na maioria das espécies sob regime irrigado, com redução significativa de 8,13 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> para 4,47 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> e 6,99 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> para 4,96 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> na irrigação de salvamento, respectivamente em mogno africano e sobrasil (Figura 9).

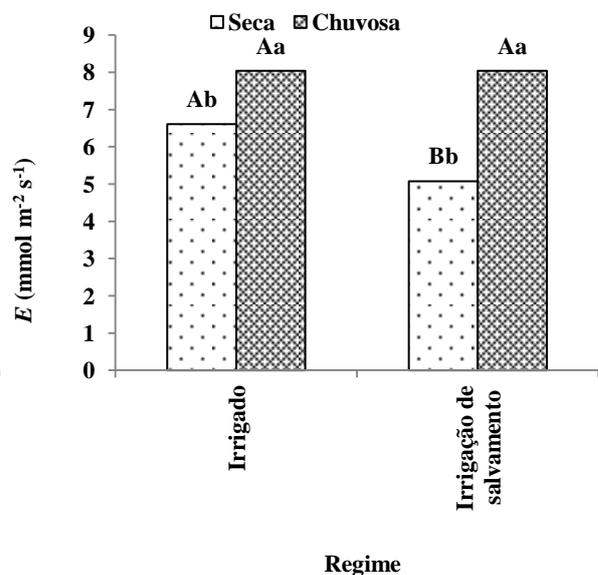
A *E* foi maior no período chuvoso independente do regime de irrigação sendo registrada maior variação na irrigação de salvamento onde houve um aumento de 5,08 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> na estação seca para 8,04 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> na estação chuvosa (Figura 10).

Figura 9 - Transpiração (*E*) em sete espécies arbóreas cultivadas em regime irrigado e irrigação de salvamento. Colunas seguidas pelas mesmas letras minúsculas em uma mesma espécie ou maiúsculas em um mesmo regime hídrico não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014.



Fonte: Próprio autor

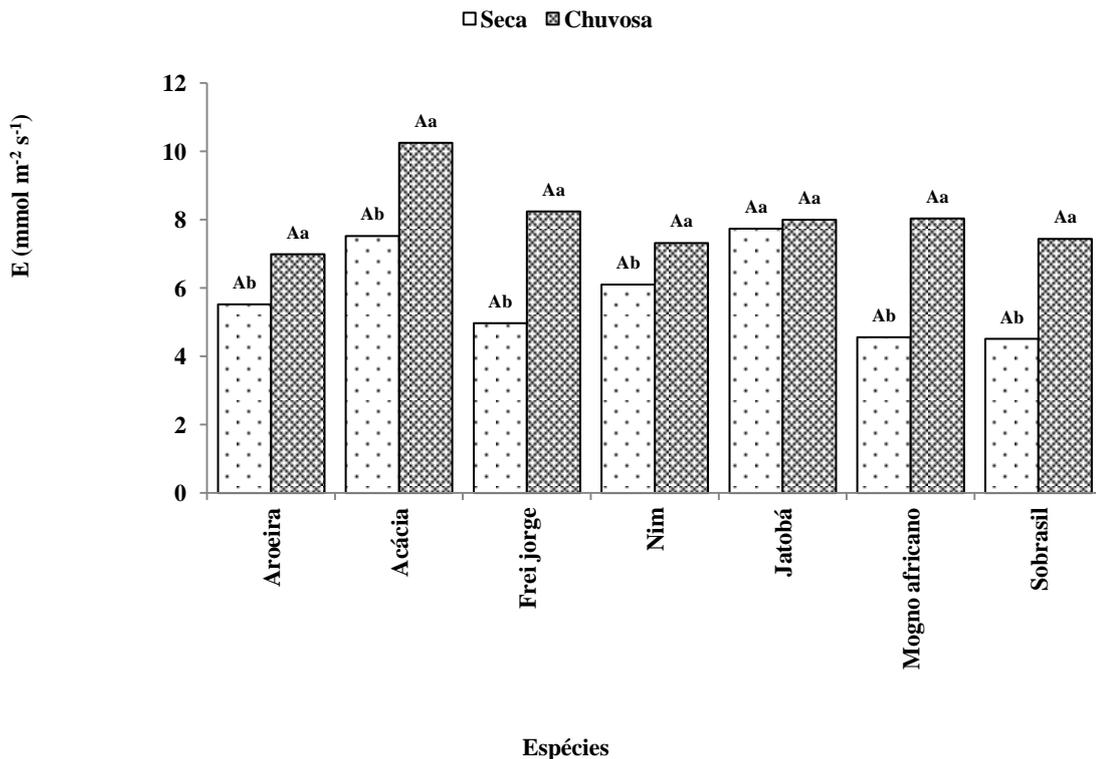
Figura 10 - Transpiração (*E*) em sete espécies arbóreas cultivadas em regime irrigado e irrigação de salvamento. Colunas seguidas pelas mesmas letras minúsculas em uma mesma espécie ou maiúsculas em um mesmo regime hídrico não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014.



Fonte: Próprio autor

Valores superiores de  $E$  foram registrados na estação chuvosa com diferença estatística para todas as espécies com exceção do jatobá. O maior aumento da  $E$  foi observado em mogno africano com uma variação de  $3,48 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  entre as estações. (Figura 11).

Figura 11 - Transpiração ( $E$ ) em sete espécies arbóreas durante a estação seca e chuvosa. Colunas seguidas pelas mesmas letras minúsculas em uma mesma espécie ou maiúsculas em uma mesma estação não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014.



Fonte: Próprio autor

As quedas em  $E$  durante a estação seca mostra que as espécies estudadas regulam fortemente a abertura estomática e com isso reduzem consideravelmente sua taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$ . Essa regulação também é observada quando observamos uma similaridade de comportamento entre a  $g_s$  (Figura 7) e a  $E$  (Figura 10).

Silva *et al.* (2003), avaliando plantas jovens de *Mimosa caesalpinifolia*, *Enterolobium contortisiliquum* e *Tabebuia aurea*, constataram valores de  $E$  mais baixos nas plantas submetidas a déficit hídrico. Nogueira *et al.* (1998), estudando três espécies lenhosas da caatinga (*Senna martiana*, *Parkinsonia aculeata* e *Senna occidentalis*), observaram que a transpiração foi reduzida 69,66%, 82,41% e 69,66% respectivamente após 20 dias de

suspensão de rega. O mesmo foi observado por Silva *et al.* (2003) em plantas jovens de craibeira, tamboril e sabiá cultivadas sob 50% da capacidade de campo.

Larcher (2000), afirma que como a abertura dos estômatos depende do grau de saturação hídrica das células estomáticas pode haver grande restrição da transpiração quando a deficiência de água na planta é elevada. A redução da transpiração se dá em decorrência do fechamento estomático, que é uma das primeiras respostas da planta à redução da disponibilidade de água.

A primeira e mais sensível resposta ao déficit hídrico, é a diminuição da turgescência e, associada a este evento está à diminuição do processo de crescimento em extensão da planta (LARCHER, 2000). A inibição desse crescimento em extensão provoca uma diminuição da área foliar total e, conseqüentemente, uma redução na taxa transpiratória, levando um balanço hídrico positivo para a planta.

Alguns estudos mostram que  $A$ ,  $E$  e  $g_s$  decrescem durante o meio dia, período em que as temperaturas estão mais altas e a umidade relativa do ar é mais baixa (Moraes *et al.* 1989, Perez; Moraes 1991). Essa depressão do meio dia é mais acentuada na estação seca, sendo  $A$  e  $g_s$  mais afetados que  $E$ . Na estação chuvosa, a alta umidade do ar contrabalança os menores valores de  $g_s$  e os valores de  $E$  não apresentam variações significativas ao longo do dia (MORAES; PRADO, 1998).

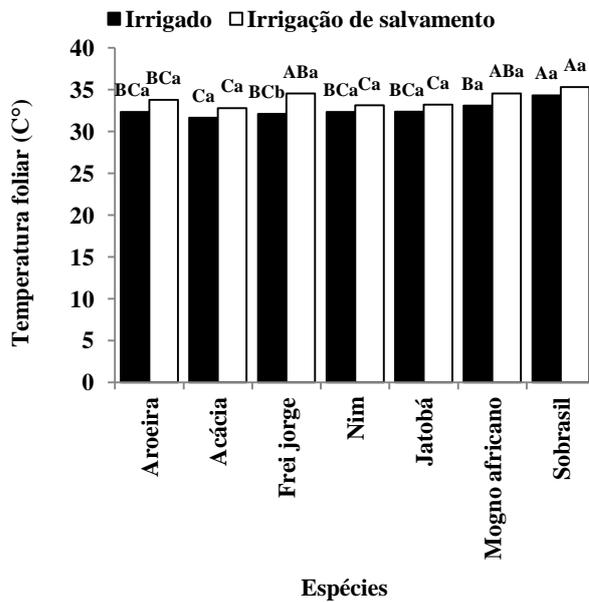
Segundo Larcher (2000), a transpiração e a resistência difusiva (que é inversamente proporcional à condutância estomática) são processos que têm sido correlacionados ao déficit hídrico. Em condições normais, a taxa de transpiração nas folhas é determinada especialmente pela radiação, pelo déficit de saturação e pela condutância estomática. Nessas circunstâncias, déficits hídricos diminuições em  $A$  e em  $E$  podem indicar um mecanismo estomático com maior ou menor eficiência de uso da água, implicando na economia de água pela planta.

Na Figura 12 são apresentados os dados obtidos de Temperatura foliar das espécies nos dois regimes hídricos. Houve uma tendência de temperaturas foliares mais elevadas nas espécies cultivadas em irrigação de salvamento, variando de 31,63° C em acácia a 34,32° C em sobrasil independente do regime. Contudo, não houve diferença estatística entre os regimes mostrando que a espécie tem uma maior eficiência de dissipação de calor latente.

Na estação seca a temperatura foliar apresentou-se mais elevada, onde se registrou variações de 35,11° C a 32,70° C entre as estações na irrigação de salvamento. Sendo que no

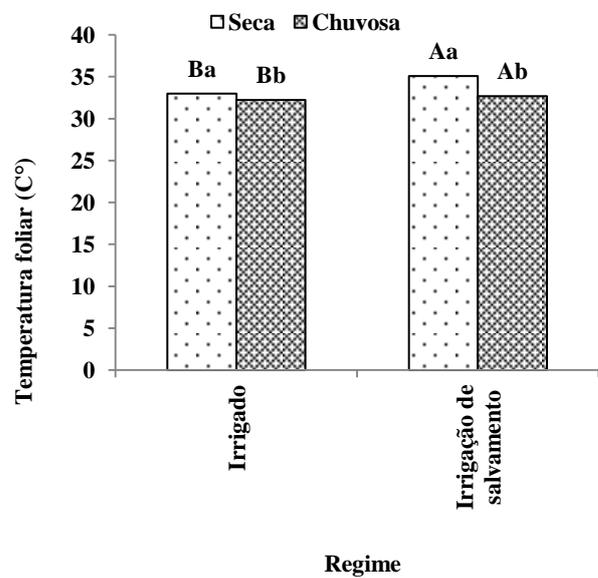
regime irrigado as temperaturas apresentaram-se mais amenas com amplitudes mais baixa entre as estações em torno de 0,77° C (Figura 13).

Figura 12 - Temperatura foliar em sete espécies arbóreas cultivadas em regime irrigado e irrigação de salvamento. Colunas seguidas pelas mesmas letras minúsculas em uma mesma espécie ou maiúsculas em um mesmo regime hídrico não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014



Fonte: Próprio autor

Figura 13 - Temperatura foliar em regime irrigado e irrigação de salvamento. Colunas seguidas pelas mesmas letras minúsculas em um mesmo regime hídrico ou maiúsculas em uma mesma estação não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014



Fonte: Próprio autor

Nogueira *et al.* (1998) avaliando as trocas gasosas de três espécies da caatinga, observaram variações de 25,65 °C a 26,55 °C, em plantas controle e de 25,9 °C a 27,75 °C, nas estressadas com 20 dias de suspensão de rega. Os autores verificaram que a temperatura foliar se elevou coincidindo com os menores valores de  $E$ , provavelmente pela dissipação de calor.

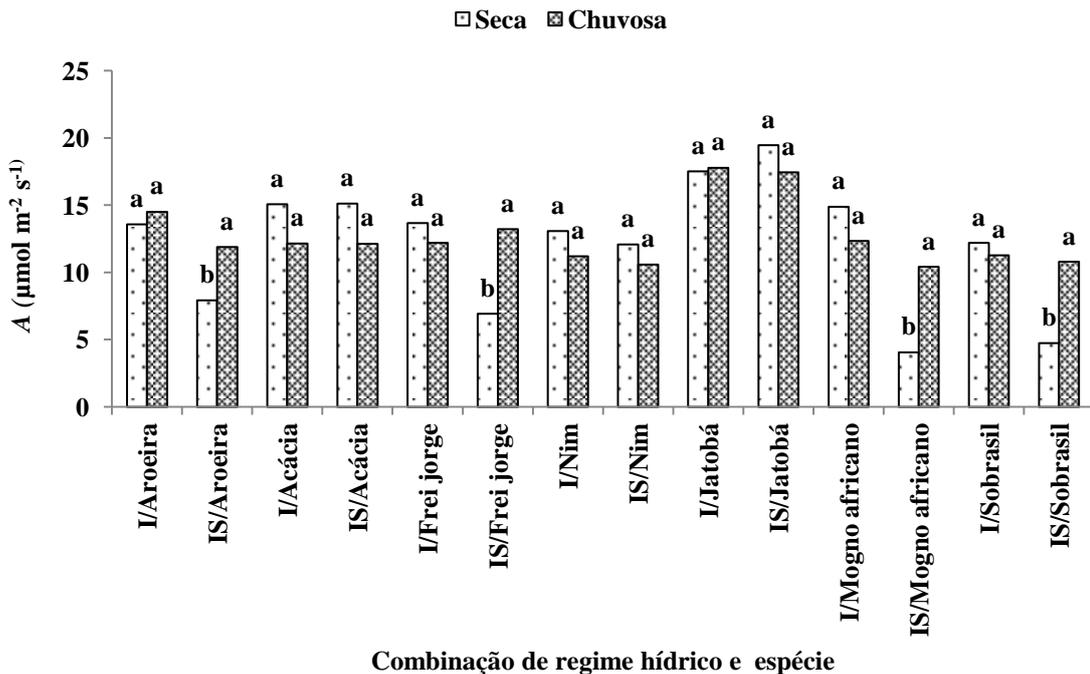
Plantas submetidas à deficiência hídrica normalmente apresentam redução da transpiração e, conseqüentemente, uma redução da capacidade de dissipação de calor latente, aumentando a temperatura da folha. (BERRY; BJORKMAN, 1980)

Sob seca intensa, o estreitamento do poro estomático com a finalidade de amenizar a perda de água através da transpiração, pode limitar, também, a difusão de  $CO_2$  para a câmara subestomática, condicionando menores valores de  $A$  e aumento da temperatura foliar (SMITH, 1989; RICKLEFS, 1996; PRADO *et al.*, 2001).

Observa-se a propensão de maiores taxas de fotossintética líquida ( $A$ ) na estação seca no regime irrigado, possivelmente devido a ausência da nebulosidade, apesar de não ter havido diferença estatística. Na irrigação de salvamento observamos uma recuperação da  $A$  dada a ocorrência na mudança da estação seca para a chuvosa, isto ocorre em resposta a um aumento do suprimento hídrico (Figura 14).

Todas as espécies apresentaram médias normais de fotossíntese líquida, com exceção da aroeira, frei jorge, mogno africano e sobrasil sob irrigação de salvamento durante a estação seca. De acordo com Larcher (2000), de dados retirados de outros autores para plantas lenhosas cultivadas de clima tropical as médias variam de 10 a 15  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

Figura 14 - Taxa de fotossintética líquida ( $A$ ) em sete espécies arbóreas cultivadas em dois regimes hídricos (irrigado (I) e irrigação de salvamento (IS)) durante duas estações (seca e chuvosa). Colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).



Fonte: Próprio autor

A  $g_s$  apresentou padrões similares ao da  $A$  da aroeira, frei jorge, mogno africano e sobrasil sob irrigação de salvamento durante a estação seca, sugerindo que a queda da taxa de fotossíntese destas espécies (Figura 14) esteja relacionada com o fechamento parcial dos estômatos. A diminuição nas respostas fotossintéticas com a supressão da irrigação,

diretamente associada à modificação do comportamento estomático foi mencionada por Costa e Marengo (2007).

Também foi possível constatar uma redução significativa da eficiência de dissipação de calor latente no regime sob irrigação de salvamento (Figuras 12 e 13). Assim seria provável ter havido um efeito sinérgico entre o fechamento estomático e a temperatura influenciando a redução da assimilação líquida de CO<sub>2</sub>. Sugerindo que aparentemente a temperatura foliar associada ao déficit hídrico limitaram as taxas de A entre os regimes, pois os maiores valores foram observados no regime irrigado.

O estresse de umidade afeta a fotossíntese através de um grande número de mecanismos: por afetar o nível dos metabólicos intermediários, por inibir o sistema de transporte de elétrons fotossintéticos, por causar fechamento dos estômatos e por alterar a taxa de respiração (LARCHER, 2000).

O fechamento estomático, de fato, representou a causa primária da redução na taxa fotossintética e na taxa de transpiração sob condições de deficiência hídrica, e essa redução deveu-se à diminuição na disponibilidade de CO<sub>2</sub> nas câmaras subestomáticas das folhas, causada pelo fechamento dos estômatos. Corroborando com Flexas e Medrano (2002), que afirmam que o decréscimo na disponibilidade hídrica ocasiona queda no potencial da água nas folhas das plantas, levando à perda de turgescência e, conseqüentemente, à redução da condutância estomática.

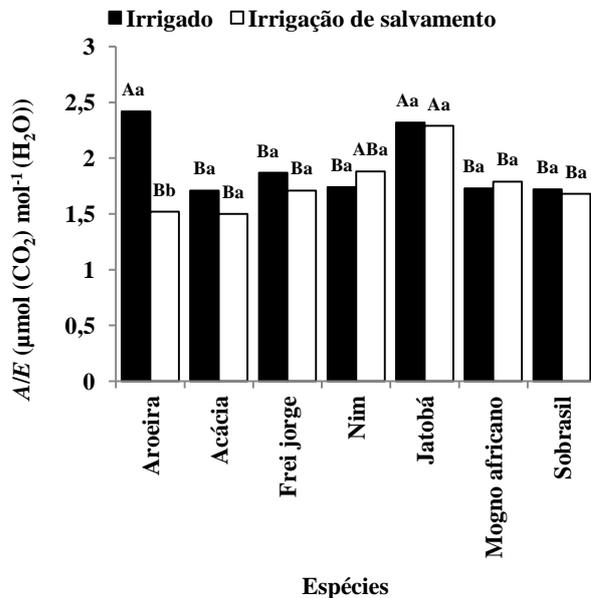
Segundo Krieg (1993), o fechamento dos estômatos é uma das primeiras linhas de defesa contra a dessecação, uma tentativa favorável de manter o conteúdo hídrico nos tecidos vegetais por mais tempo, contudo, essa redução de abertura dos poros estomáticos restringe a troca gasosa entre o interior da folha e a atmosfera causando diminuição na assimilação de CO<sub>2</sub>, utilizado no processo de fotossíntese. Além do fechamento dos estômatos, a inibição das atividades enzimáticas ligadas a este processo pode alterar a taxa fotossintética, que é uma das respostas fisiológicas mais comuns das plantas, quando submetidas ao estresse hídrico (Tabaeizadeh, 1998, Shangguan et al., 1999 *apud* VARGAS, 2007).

Na Figura 15 são apresentados os dados obtidos de eficiência momentânea do uso da água (*A/E*) das espécies nos dois regimes hídricos. Somente a aroeira apresentou uma redução significativa da (*A/E*) na irrigação de salvamento.

Observa-se a tendência de uma maior eficiência momentânea do uso da água (*A/E*) nos regimes durante a estação seca (Figura 16). Na estação seca os valores da *A/E* variaram de 1,97  $\mu\text{mol (CO}_2\text{) mol}^{-1} \text{(H}_2\text{O)}$  na irrigação de salvamento a 2,20  $\mu\text{mol (CO}_2\text{) mol}^{-1}$

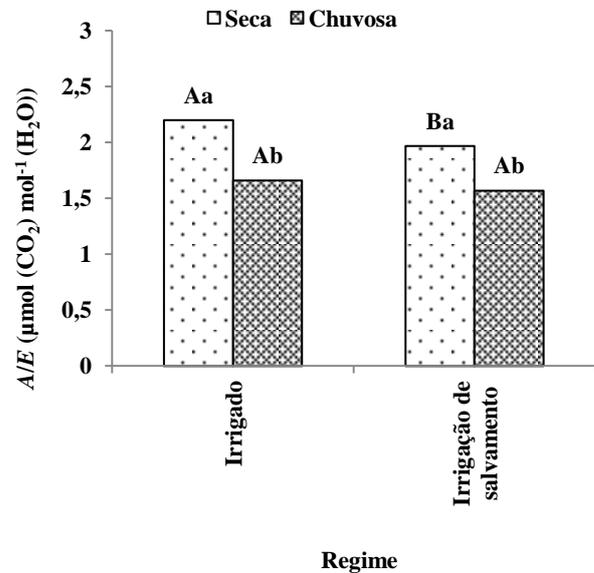
<sup>1</sup> (H<sub>2</sub>O) no regime irrigado, com diferença significativa. Esses valores podem ser considerados baixos quando comparados a alguns valores encontrados por Junior (2009) para algumas espécies arbóreas em diferentes estratos florestais de uma floresta primária do alto Rio Negro no Amazonas.

Figura 15 - Eficiência momentânea do uso da água (*A/E*) em sete espécies arbóreas cultivadas em regime irrigado e irrigação de salvamento. Colunas seguidas pelas mesmas letras minúsculas em uma mesma espécie ou maiúsculas em um mesmo regime hídrico não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014.



Fonte: Próprio autor

Figura 16 - Eficiência momentânea do uso da água (*A/E*) em regime irrigado e irrigação de salvamento. Colunas seguidas pelas mesmas letras minúsculas em um mesmo regime hídrico ou maiúsculas em uma mesma estação não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014.



Fonte: Próprio autor

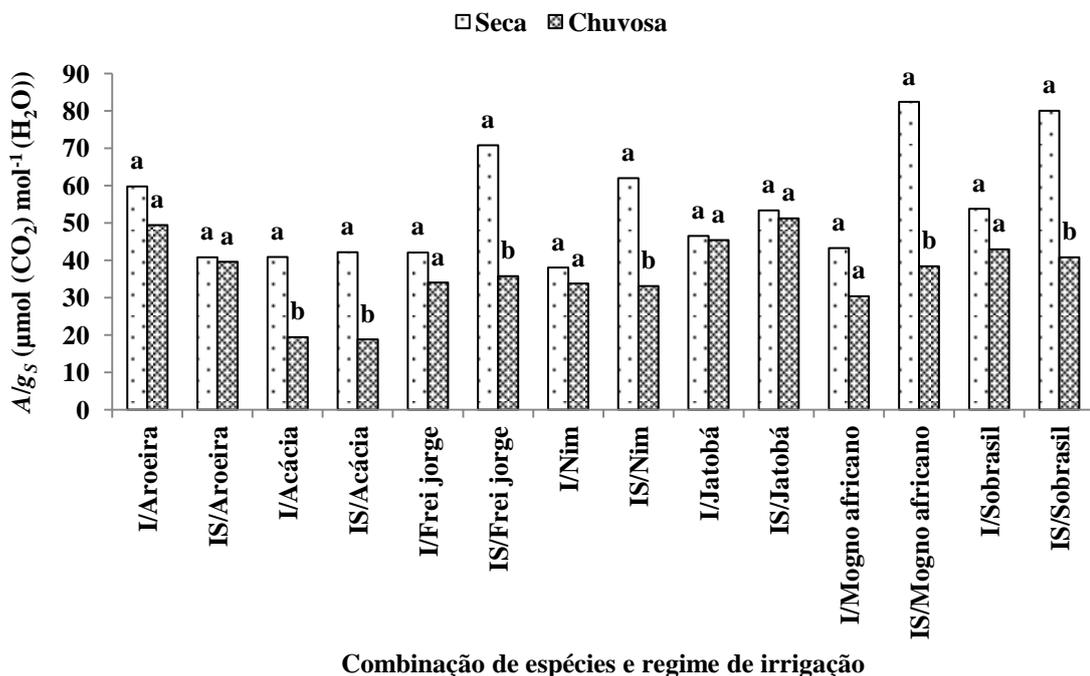
No entanto, os resultados encontrados nesse trabalho apontaram para uma regulação das perdas de água acoplada ao ganho de carbono na estação seca, mostrando o quanto de CO<sub>2</sub> foi fixado pela folha por molécula de água transpirada, ou seja, perdida para a atmosfera. Mostrando de certo modo a eficiência das espécies ao longo da estação seca.

Segundo Chaves; Marroco e Pereira (2003), muitas plantas tendem a apresentar aumentos na *A/E* quando o déficit hídrico é moderado. Esse aumento é resultado da relação não-linear entre a assimilação do carbono e a condutância estomática, isto é, a perda de água acontecendo antes e mais intensamente do que a inibição da fotossíntese.

Um pouco semelhante ao que ocorreu na  $A/E$ , observa-se a propensão de uma maior eficiência intrínseca do uso da água ( $A/g_s$ ) pelas combinações de espécie e regime na estação seca (Figura 17).

Sendo a  $A/E$  a representação do comportamento momentâneo das trocas gasosas em nível foliar e tendo-se encontrado altos níveis de  $A/E$  na estação seca pode-se inferir que as combinações de regimes hídricos estudados possibilitaram demonstrar a eficiência no uso da água na estação seca, já que foram observadas diferenças estatísticas entre as estações (Figura 16). A capacidade destes indivíduos em maximizar o ganho de carbono por molécula de água liberada para a atmosfera é consubstanciada pelos valores da  $A/g_s$ , que representa a razão entre a fotossíntese líquida e a condutância estomática, cujos valores variaram de 38,03 a 61,94  $\mu\text{mol}(\text{CO}_2)\text{mol}^{-1}(\text{H}_2\text{O})$  na estação seca (Figura 17).

Figura 17 - Eficiência intrínseca do uso da água ( $A/g_s$ ) em sete espécies arbóreas cultivadas em dois regimes hídricos (irrigado (I) e irrigação de salvamento (IS)) e durante duas estações (seca e chuvosa). Colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014.

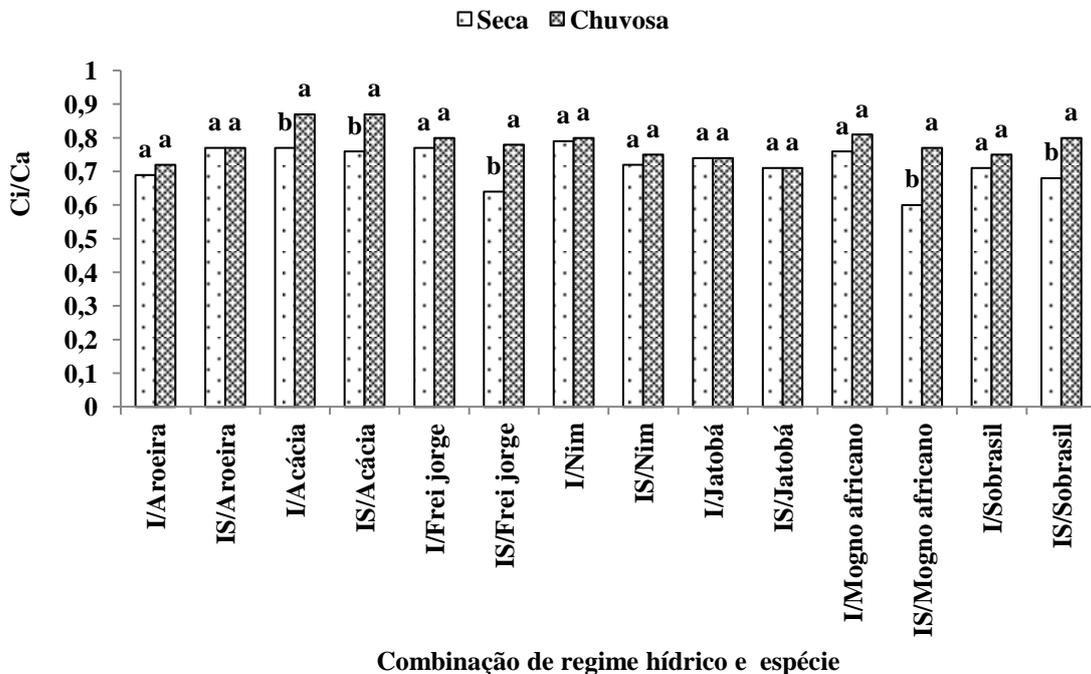


Fonte: Próprio autor

Menores taxas de  $g_s$  e  $E$  asseguraram maiores valores de  $A/E$  e  $A/g_s$  na combinação de regime hídrico e estação e em todas as combinações de espécies e regimes hídricos respectivamente.

Na Figura 18 são apresentados os dados obtidos da razão entre as concentrações intercelular e atmosférica de  $\text{CO}_2$  ( $C_i/C_a$ ) nas combinações de regime e espécie. Na estação seca estão presentes as menores  $C_i/C_a$ , evidenciando a forte sensibilidade do aparato fotossintético das espécies ao deficit hídrico. Dessa forma, fica a ideia de que de fato acácia, frei jorge, nim, mogno africano e sobrasil controlam eficientemente a perda de água via transpiração, regulando a abertura estomática, conforme observado em plantas jovens de *S. macrophylla* (Cordeiro *et al.*, 2009) e *C. guianensis* (Gonçalves *et al.*, 2009).

Figura 18 - Razão entre as concentrações intercelular e atmosférica de  $\text{CO}_2$  ( $C_i/C_a$ ) em sete espécies arbóreas cultivadas em dois regimes hídricos (irrigado (I) e irrigação de salvamento (IS)) e durante duas estações (seca e chuvosa). Colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014.



Fonte: Próprio autor

A razão entre as concentrações intercelular e atmosférica de  $\text{CO}_2$  ( $C_i/C_a$ ) das espécies nas combinações de regime e espécie (Figura 18) reforçam a prerrogativa de que as espécies apresentaram capacidade de ajuste estomático das trocas gasosas, visto que os baixos valores da relação  $C_i/C_a$  (Figura 18) conjuntamente com os da  $g_s$  (Figuras 8) em déficit hídrico, sugerem maior sensibilidade estomática no controle da fotossíntese e, portanto, na perda de água.

#### 4.4 Fluorescência da clorofila

O resumo da análise de variância para a máxima eficiência do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) está apresentada na Tabela 6. Verificou-se efeito significativo dos fatores espécie e estação e da interação espécie x estação sobre a  $F_v/F_m$ .

Tabela 6 – Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) referente a máxima eficiência do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) em sete espécies arbóreas cultivadas em dois regimes hídricos (irrigado e irrigação de salvamento) e durante duas estações (seca e chuvosa), Acaraú - Ceará, 2014.

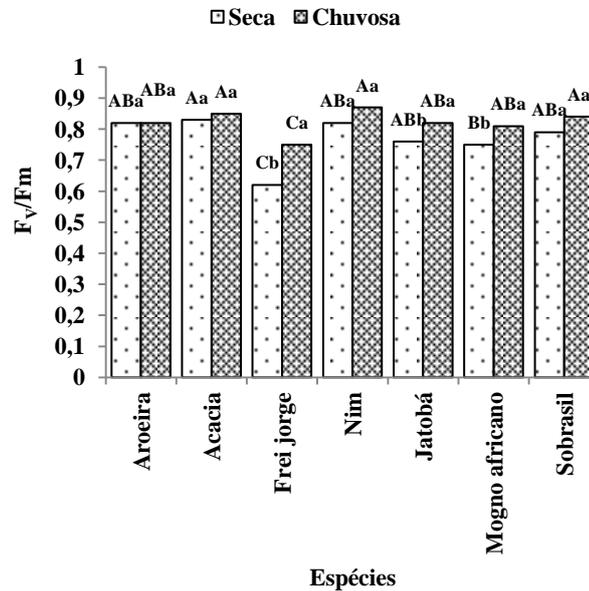
FV	GL	QM
		$F_v/F_m$
Regime (A)	1	0,007445 <sup>ns</sup>
Resíduo (a)	4	0,002991
Espécie (B)	6	0,034297**
Interação AxB	6	0,002365 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	24	0,001452
Estação (C)	1	0,057832**
Interação AxC	1	0,002158 <sup>ns</sup>
Interação BxC	6	0,005366*
Interação AxBxC	6	0,002392 <sup>ns</sup>
Resíduo (c)	28	0,001678
CV <sub>(a)</sub> (%)	-	6,87
CV <sub>(b)</sub> (%)	-	4,78
CV <sub>(c)</sub> (%)	-	5,14

<sup>ns</sup> Não significativo, pelo teste F; \* Significância ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; \*\* Significância ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

Fonte: Próprio autor

Por meio da análise da Figura 19, observa-se tendência a valores inferiores na máxima eficiência do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) na estação seca, porém para a maioria das espécies estes não estão abaixo da faixa ótima da eficiência quântica, que fica em torno de 0,8. Segundo Maxwell e Johnson (2000) valores inferiores a 0,750 indicam situação de estresse e, portanto, redução do potencial fotossintético da planta, fato observado no frei jorge, que registrou valores médios de  $F_v/F_m$  em torno de 0,620 no período seco. Também no frei jorge foi registrado a maior taxa de recuperação da estação seca para a chuvosa (0,13), com diferença estatística. Jatobá e mogno africano também se recuperaram com a estação chuvosa apresentando diferenças significativas. Nas demais espécies não houve qualquer diferença, sendo que na aroeira foi verificado valores médios de  $F_v/F_m$  exatamente iguais para as duas estações, que foi 0,820.

Figura 19 - Máxima eficiência do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) em sete espécies arbóreas durante a estação seca e chuvosa. Colunas seguidas pelas mesmas letras minúsculas em uma mesma espécie ou maiúsculas em uma mesma estação não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014.



Fonte: Próprio autor

A razão  $F_v/F_m$  é utilizada para mensurar a fotoinibição causada pela interação entre déficit hídrico no solo e luz (THOMAS; TURNER, 2001).

De Bm Trovão (2007) estudando variações sazonais da eficiência quântica da fotossíntese de espécies da caatinga, analisando em termos percentuais, verificou a diferença mais baixa registrada para *Myracrodruon urundeuva* (0,62%), com tendência a valores inferiores das espécies no período de estiagem.

Valores de  $0,800 \pm 0,05$  correspondem à máxima eficiência no uso de energia no processo fotoquímico (TORRES NETO *et al.*, 2002) e valores inferiores a 0,750 indicam situação de estresse e, portanto, redução do potencial fotossintético da planta (MAXWELL;JOHNSON, 2000).

Comparando-se os valores de  $F_v/F_m$  apresentados pelas espécies nesse estudo com os valores relatados por Torres Neto *et al.* (2002), Maxwell e Johnson (2000), nota-se que nenhuma das espécies estudadas apresenta sinais de fotoinibição severa.

De acordo com Silva *et al.* (2007) *apud* Pinceli (2010), a habilidade de manter altos valores de  $F_v/F_m$  sob condições de estresse, promovido por deficiência hídrica, indica que a planta mantém alta eficiência do uso da radiação pela fotoquímica e assimilação de carbono. Ainda, Colom e Vazzana (2003) relataram correlação positiva entre tolerância à seca e altos valores de  $F_v/F_m$  assim como entre susceptibilidade à seca e baixos valores de  $F_v/F_m$ .

Segundo Flexas e Medrano (2002), a redução na taxa de  $g_s$ , com o aumento do déficit hídrico, implica redução da atividade fotoquímica, assim, a fotoinibição eventualmente ocorre sob condições de seca mais severa. Portanto, nesse trabalho não foi observado esse efeito.

#### 4.5 Teor relativo de clorofila

O resumo da análise de variância para teor relativo de clorofila (Índice SPAD) está representada na Tabela 7. Verificou – se efeito significativo do fator espécie e das interações duplas.

Tabela 7 – Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) referente ao teor relativo de clorofila (Índice SPAD) em sete espécies arbóreas cultivadas em dois regimes hídricos (irrigado e irrigação de salvamento) e durante duas estações (seca e chuvosa), Acaraú - Ceará, 2014.

FV	GL	QM
		Índice SPAD
Regime (A)	1	49,77793 <sup>ns</sup>
Resíduo (a)	8	37,389921
Espécie (B)	6	1153,310793**
Interação Ax B	6	233,938898**
Resíduo (b)	48	40,594423
Estação (C)	1	56,731246 <sup>ns</sup>
Interação Ax C	1	1105,678811**
Interação Bx C	6	232,115239**
Interação Ax Bx C	6	64,532498 <sup>ns</sup>
Resíduo (c)	56	31,625963
CV <sub>(a)</sub> (%)	-	12,75
CV <sub>(b)</sub> (%)	-	13,28
CV <sub>(c)</sub> (%)	-	11,72

<sup>ns</sup> Não significativo, pelo teste F; \* Significância ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; \*\* Significância ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

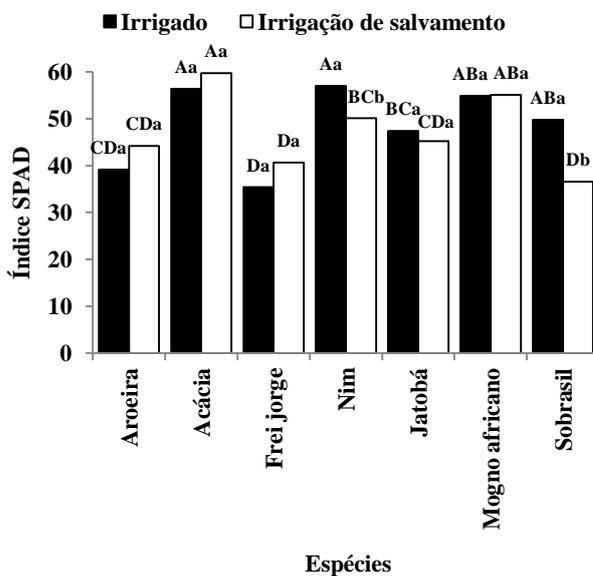
Fonte: Próprio autor

Analisando a Figura 20 observou-se uma tendência em menores média de teores relativos de clorofila (Índice SPAD) das espécies na irrigação de salvamento. Tendência semelhante foi observada nas espécies no período seco (Figura 18). Em condições de estresse hídrico os teores de clorofila nas folhas podem ser reduzidos e assim afetar a fotossíntese (JALEEL *et al.*, 2009). Porém, observa-se que danos na fotossíntese, devido a redução do teor de clorofila, são mais frequentes em estresse mais severo, como relatado por Massacci *et al.*

(2008) em *Gossypium hirsutum*, *Helianthus annuus* (KIANI *et al.*, 2008) e em *Jatropha curcas* por Luis (2009).

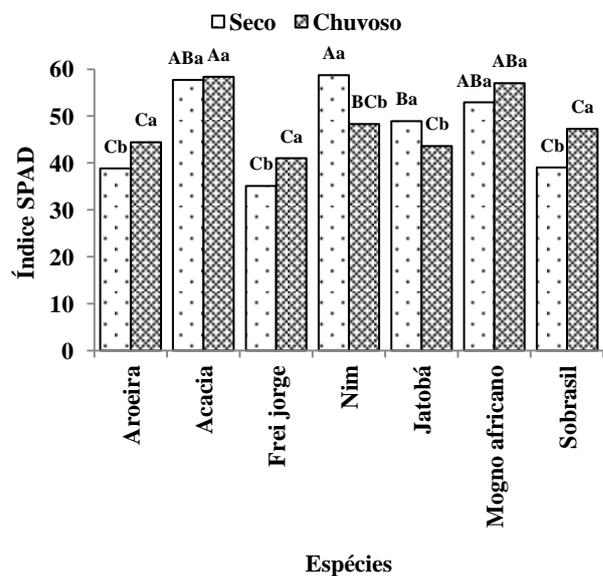
Analisando a Figura 20 e 21, observa-se que as maiores médias de Índice SPAD estão presentes na acácia e mogno africano independente do regime hídrico e estação e no nim cultivado no irrigado e avaliado no período seco. Possivelmente isso se deve ao fato dessas espécies apresentarem maior longevidade foliar. Já em Frei Jorge os baixos valores médios do Índice SPAD estão mais relacionadas à observação em campo de uma maior senescência foliar nessa espécie.

Figura 20 - Teor relativo de clorofila (Índice SPAD) em sete espécies arbóreas cultivadas em regime irrigado e irrigação de salvamento. Colunas seguidas pelas mesmas letras minúsculas em uma mesma espécie ou maiúsculas em um mesmo regime hídrico não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014.



Fonte: Próprio autor

Figura 21 - Teor relativo de clorofila (Índice SPAD) em sete espécies arbóreas durante a estação seca e chuvosa. Colunas seguidas pelas mesmas letras minúsculas em uma mesma espécie ou maiúsculas em uma mesma estação não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014.

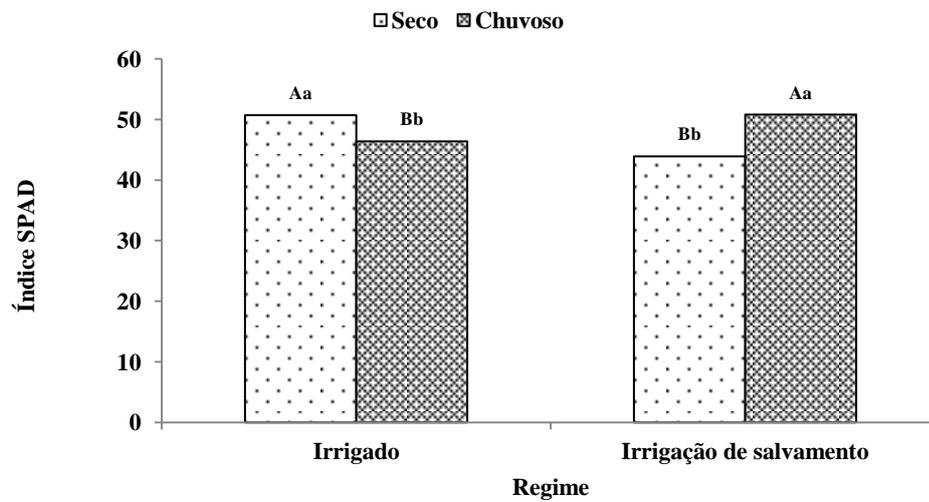


Fonte: Próprio autor

Os maiores valores médios de Índice SPAD na estação seca no regime irrigado, com diferença estatística (Figura 21), pode ser explicado pela intensidade da luz e pelo metabolismo da planta correlacionado com a não restrição de água. Já para os menores valores médios de Índice SPAD na estação seca na irrigação de salvamento com diferenças estatísticas (Figura 22). Taiz e Zeiger (2004), discorre que a deficiência hídrica pode afetar a

fotossíntese devido à instabilidade das clorofilas frente a diversos fatores ambientais, a citar o estresse hídrico que pode manifestar modificações morfológicas e estruturais bem como à concentração de clorofila *a* e *b* nas folhas.

Figura 22 – Teor relativo de clorofila (Índice SPAD) em regime irrigado e irrigação de salvamento. Colunas seguidas pelas mesmas letras minúsculas em uma mesma espécie ou maiúsculas em uma mesma estação não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), Acaraú - Ceará, 2014.



Fonte: Próprio auto

Lemos (2010) avaliando comportamento ecofisiológico de *Bernardia sidoides*, quanto ao desenvolvimento e produtividade, em função de diferentes níveis hídricos constatou que teor de clorofila não é um bom indicador para avaliar a influência do estresse hídrico em plantas herbáceas da caatinga. Já Araújo *et al.*, 2008 estudando Ecofisiologia de plantas da caatinga observou influência do estresse hídrico nos teores de clorofila, indo de encontro aos resultados observados no presente trabalho.

As clorofilas são pigmentos abundantes nas folhas verdes de extrema importância para o processo fotossintético e, por consequência, para o crescimento das plantas (LARCHER, 2000).

O conteúdo de clorofila nas folhas frequentemente é utilizado para estimar o potencial fotossintético das plantas, pela sua ligação direta com a absorção e transferência de energia luminosa. Uma planta com alta concentração de clorofila é capaz de atingir taxas fotossintéticas mais altas, pelo seu valor potencial de captação de “quanta” na unidade de tempo. Entretanto, nem sempre esta relação existe, pois a etapa bioquímica da fotossíntese (fase do escuro) pode limitar o processo (PORRA *et al.*, 1989; CHAPPELLE; KIM, 1992).

## 5. CONCLUSÕES

As espécies estudadas apresentam potencial de estabelecimento, de adaptação ecofisiológica e taxa de crescimento, diferenciados.

Todas as espécies possuem potencial para serem exploradas nas condições edafoclimáticas da região.

Recomenda – se o plantio de acácia, aroeira, frei Jorge, jatobá e nim, sob irrigação de salvamento (irrigados durante os primeiros 12 meses com suspensão após esse período).

Recomenda – se o plantio de mogno africano e sobrasil em regime irrigado.

Os valores médios encontrados para a massa foliar específica das espécies confirmaram seu potencial de produção sob limitações hídricas.

As espécies submetidas a déficit hídrico reduziram sua condutância e transpiração mostrando uma forte regulação estomática.

As espécies mostraram-se eficiente no uso da água.

Com relação à eficiência quântica do Fotossistema II não foram evidentes os danos no aparato fotossintético.

## REFERÊNCIAS

ANGELOPOULOS, K.; DICHIO, B.; XILOYANNIS, C. Inhibition of photosynthesis in olive trees (*Olea europaea* L.) during water stress and rewatering. **Journal Experimental Botany**, v. 47, p. 1093-1100, 1996.

ALENCAR, A. L.; SILVA, M. A. P.; BARROS, L. M. Florística e fitossociologia de uma área de cerrado na chapada do Araripe – Crato – CE. **Revista Brasileira de Biociência**, v.5, p. 18-20, 2007.

ALMEIDA, S. M. Z.; SOARES, A. M.; CASTRO, E. M.; VIEIRA, C. V.; GAJEGO, E. B. Alterações morfológicas e alocação de biomassa em plantas jovens de espécies florestais sob diferentes condições de sombreamento. **Ciência Rural**. v. 35, n. 1, p.62-68, 2005.

ARAÚJO, E. L.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, S. I.; SILVA, K. A.; SILVA, P. P. A.; SANTOS, A. V. C.; SANTIAGO, G. A. S. Ecofisiologia de plantas da caatinga e implicações na dinâmica das populações e do ecossistema. In: ALBUQUERQUE, U.P; MOURA, A.N; ARAÚJO, E.L. (Org.). **Biodiversidade, potencial econômico e processos ecofisiológicos em ecossistemas nordestinos**. 1 ed. Recife: COMUNIGRAF, v. 1, p. 329-361, 2008.

ARAÚJO, E. L.; MARTINS, F. R.; SANTOS, F. A. M. dos. Estádios ontogenéticos e variações no crescimento anual do caule de duas espécies lenhosas em uma área de vegetação de caatinga, Pernambuco, Brasil. In: ALBUQUERQUE, U.P; MOURA, A.N; ARAÚJO, E.L. (Org.). **Biodiversidade, potencial econômico e processos ecofisiológicos em ecossistemas nordestinos**. Bauru, SP: Canal 6, v. 2, p. 386-410, 2010.

ARAÚJO, L. V.C.; RODRIGUEZ, L. C. E.; PAEZ, J. B. Características físico-químicas e energéticas da madeira de nim indiano. **Scientia Forestalis**. n. 57, p. 153-159, 2000.

ARAUS, J. L.; HOGAN, K. P. Comparative leaf structure and patterns of photoinhibition of the neotropical palms *Scheelea zonensis* and *Socratea durissima* growing in clearing and forest understory during the dry season in Panama. **American Journal of Botany**, v. 81, n. 6, p. 726-738, 1994.

ARCO - VERDE, M. F. **Potencialidades e usos da Acacia mangium Willd. no estado de Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2002. 18 p. (Documentos, 6).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2013, ano base 2012**. Brasília: ABRAF, 2013. 148 p.

AUBREVILLE, A. **La flore forestière de la Cota d’Ivoire**. Nogent-sur-Marne: Centre Technique Forestier Tropical, 1959. 341p.

BELTRÃO, N. E. M.; SILVA, L. C.; VASCONCELOS, O. L.; AZEVEDO, D. M. P.; VIEIRA, D. J. Fitologia. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (ed.) **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, Cap.2, p.37–62, 2001.

- BISWAS, K.; CHATTOPADHYAY, I.; BANERJEE, R.K.; BANDYOPADHYAY, U. Biological activities and medicinal properties of neem (*Azadirachta indica*). **Review Article. Current science**, v.82, n.11, 2002.
- BOYER, J. S. Recovery of photosynthesis in sunflower after a period of low leaf water potencial. **Plant Physiology**, v.47, p. 816-820, 1971.
- CARVALHO, P.E.R. **Algumas características ecológicas e silviculturais de quatro espécies florestais no Estado do Paraná**. 1978. 170p. Dissertação (Mestrado em ciências) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1978.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Brasília: CNPF-Embrapa, v.1, 1994. 640p.
- CARVALHO, P. E. R. **Aroeira verdadeira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003a. 16 p. (Circular técnica, 82). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/42189/1/CT0082.pdf>>. Acesso em 25 dez. 2013.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v. 1, 2003b. 1039 p.
- CARVALHO, P. E. R. **Sobrasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 10 p. (Circular Técnica, 106). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-2009-09/43203/1/circ-tec106.pdf>>. Acesso em 25 dez. 2013.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica/Colombo: Embrapa Florestas, v. 2, 2006. 628p.
- CASTRO, A. C. **Avaliação de sistema silvipastoril através do desempenho produtivo de búfalos manejados nas condições climáticas de Belém, Pará**. 2005. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Federal do Pará, Universidade Federal Rural da Amazônia, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Belém, 2005.
- CATIE. **Mangium (*Acacia mangium* Willd) Especie de Árbol de Uso Múltiple em América Central**. Turrialba: CATIE, 1992. 56 p. (Colección de Guías Silviculturales, 5).
- CAVALHEIRO, A. L.; PIMENTA, J. A.; TOREZAN, J. M. D. Effect of some physical and chemical treatments on germination of *Colubrina glandulosa* seeds. **Seed Science & Technology**, v. 35, p. 744 - 748, 2007.
- CHAPPELLE, E. W.; KIM, M. S. Ratio analysis of reflectance spectra (RARS): na algorithm for a remote estimation of the concentracions of clorophyll A, chorophyll B, and carotenoids in soybean leaves. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 39, p. 239- 247, 1992.
- CHAVES, M. M.; MARROCO, J. P.; PEREIRA, J. S. Understanding plant responses to drought from the genes to the whole plant. **Functional Plant Biology**, v.30, p. 239-264, 2003.

- Centro de Pesquisa Agroflorestal de Rondônia (CPAFRO). **Acácia mangium**. 2004. Disponível em: <<http://www.cpafro.embrapa.br/embrapa/bases/silvi.htm>>. Acesso em 12 dez. 2013.
- COLOM, M. R.; VAZZANA, C. Photosynthesis and PSII functionality of drought-resistant and drought sensitive weeping lovegrass plants. **Environmental and Experimental Botany**, Paris, v. 49, n. 2, p. 135-144, 2003.
- CONDE, R. A. R. **Controle silvicultural e mecânico da broca do mogno *Hypsipyla grandella* (Zeller, 1948) (Lepdoptera; Pyralidae) em sistema agroflorestal**. 2006. 74f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2006.
- COSTA, G. F.; MARENCO, R. A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amazonica**, v.37, p.229-234, 2007.
- COUTO, J.M.F.; OTONI, W.C.; PINHEIRO, A.L.; FONSECA, E.P. Desinfestação e germinação in vitro de sementes de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Revista Árvore**, v.28, n.5, p.633-642, 2004.
- DAVID, T. S., FERREIRA, M. I., DAVID, J. S., PEREIRA, J. S., 1997. Transpiration from a mature Eucalyptus globulus plantation in Portugal during a spring–summer period of progressively higher water deficit. **Oecologia**, 110 (2), p. 153–159, 1997.
- DE BM TROVÃO, D. M.; FERNADES, P. D.; DE ANDRADE, L. A.; NETO, J. D. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, 11(3), 307-311, 2007.
- DNOCS, 2013. Disponível em: <[http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/perimetros\\_irrigados/ce/baixo\\_acarau.html](http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/perimetros_irrigados/ce/baixo_acarau.html)>. Acesso em: 23 mar 2013.
- FALESI, I.C; BAENA, A.R.C. **Mogno-africano *Khaya ivorensis* A.Chev. Em sistema silvipastoril com leguminosa e revestimento natural do solo**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 52p. (Documentos, 4).
- FAO. **Global Wood and Wood Products Flow – Trends and Perspectives**. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations, 2007. 13p.
- FERREIRA, D. F. **Sistema de análises de variância para dados balanceados**. Lavras: UFLA, 2000.
- FICK, T. A. **Estabelecimento in vitro e propagação de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrabida ex Steudel (louro-pardo)**. 2007. 63 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- FINGER, C.A.G.; ELEOTÉRIO, J.R.; BERGER, R.; SCHNEIDER, P.R. Crescimento diamétrico do pau-ferro (*Astronium balansae*) em reflorestamento no município de São Sepé, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.6, n.1, p.101-108, 1996.

FLEXAS, J.; MEDRANO, H. Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plants: stomatal and non-stomatal limitations revisited. **Annals of Botany**, v.89, p.183-189, 2002.

FLORES, E. M.; BENAVIDES, C. E. Germination and morphology of the seedling of *Hymenae courbaril* L. Caesalpiniaceae. **Revista de Biología Tropical**, v. 38, p. 91-98, 1990.

FORCE, L.; CRITCHLEY, C.; RENSEN, J. J.S. New fluorescence parameters for monitoring photosynthesis in plants. **Photosynthesis Research**, v.78, p.17-33, 2003.

FREITAS, P. F. de.; BARROSO, D. G.; LAMÔNICA, K. R.; MUSSI-DIAS, V.; CARVALHO, G. C. M. W. de. Produtividade de minijardim multiclonal de *Khaya ivorensis* A. Chev. In: CONGRESSO FLORESTAL ARGENTINO Y LATINO AMERICANO, 4, 2013, Iguazú, 2013. **Anais...** Iguazú, 2013. Disponível em :<[www.congresoforestal.org.ar/ponencias/presentaciones\\_orales/441.pdf](http://www.congresoforestal.org.ar/ponencias/presentaciones_orales/441.pdf)>. Acesso em: 06 jan. 2014

FUNCEME, 2014. Disponível em:<<http://www.funceme.br/index.php/areas/tempo/download-de-series-historicas>>. Acesso em: 13 nov. 2013.

GASPAROTTO, L.; HANADA, R. E.; ALBUQUERQUE, F. C.; DUARTE, M. L. R. Mancha areolada causada por *Thanatephorus cucumeris* em mogno-africano. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, n. 3, p. 660-661, 2001.

GIL, R. L. **Análise quali-quantitativa de *Tectona grandis* Linn. F. e *Khaya ivorensis* A. Chev. em plantio homogêneo.** 2013. Trabalho (Especialização em Gestão em Auditoria, Perícia e Licenciamento Ambiental) - Associação Juinense de Ensino Superior, Faculdade do Vale do Juruena, Juina, 2013.

GONCALVES, J. F. C.; SILVA, C. E. M. da.; GUIMARAES, D. G. Fotossíntese e potencial hídrico foliar de plantas jovens de andiroba submetidas à deficiência hídrica e à reidratação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 1, p. 8-14, 2009.

GOTELLI, N.J.; ELLISON, A.M. Princípios de Estatística em Ecologia. Artmed. 2011. 528 p

GROGAN, J.; BARRETO P.; VERÍSSIMO A. **Mogno na Amazônia Brasileira: Ecologia e Perspectivas de Manejo**; Belém: Imazon, 2002. 40 p.

GUMIERO, V.C. **Estudo do Efeito de Respostas de Hipersensibilidade do Extrato de Nim (*Azadiracta indica*) Sobre Cultura de *Rubus fruticosus*.** 2008. Dissertação (Mestrado em Farmácia) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2008.

HEBERLE, M. et al. Estaquia de louro-pardo. In: JORNADAS TÉCNICA FORESTALES Y AMBIENTALES, 14., 2010, Missiones. **Anais...** Missiones: UNaM, 2010.

HESS, A. F.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, A. A. G. Crescimento em diâmetro de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em função da idade em três regiões do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 1, p. 7-22, jan.-mar. 2009.

HOELTGEBAUM, M. P., SEVEGNANI, L.; HIRANO, Z. M. B. (1999) Alimento para o *Alouatta fusca* (Primata, Cebidae) Morro Geisler, Indaial, SC. pp.196 in Programa de Resumos 50º Congresso Nacional de Botânica. Blumenau, Sociedade Botânica do Brasil/Universidade Regional de Blumenau.

IMAÑA-ENCINAS, J.; SILVA, G.F.; PINTO, J. R. R. **Idade e crescimento das árvores.** Brasília: Universidade de Brasília, v. 7, n.1, 2005. 40p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**, v. 26, 2011. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\_Agricola/Producao\_da\_Extracao\_Vegetal\_e\_da\_Silvicultura\_[anual]/2011/comentarios.pdf>. Acesso em: 20 out 2013.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT **Fichas de Características das Madeiras Brasileiras.** 2a ed. São Paulo: IPT, 1989. 418p. (publicação IPT No 1791).

ISHIDA, A.; NAKANO, T.; YAZAKI, K.; MATSUKI, S.; KOIKE, N.; LAUENSTEIN, D.L.; SHIMIZU, M.; YAMASHITA, N. Coordination between leaf and stem traits related to leaf carbon gain and hydraulics across 32 drought-tolerant angiosperms. **Oecologia**, v. 156, p. 193–202, 2008.

JALEEL, C. A.; MANIVANNAN, P.; WAHID, A.; FAROOQ, M.; AL-JUBURI, H. J.; SOMASUNDARAM, R.; PANNEERSELVAM, R. Drought Stress in Plants: A Review on Morphological Characteristics and Pigments Composition. **International Journal Agricultural Biology**, v. 11, p. 100–105, 2009.

KOGAMI, H.; HANBA, Y. T.; KIBE, T.; TERASHIMA, I.; MASUZAWA, T. CO<sub>2</sub> transfer conductance, leaf structure and carbon isotope composition of *Polygonum cuspidatum* leaves from low and high altitudes. **Plant, Cell and Environment**, v. 24, p. 529–538, 2001.

KIANI, S. P.; MAURY, P.; SARRAFI, A.; GRIEU, P. QTL analysis of chlorophyll fluorescence parameters in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under well-watered and water-stressed conditions. **Plant Science**, v. 175, p. 565–573, 2008.

KRIEG, D. R. Stress tolerance mechanisms in above ground organs. In: Proceedings of the workshop on Adaptation of Plants to soil stresses. **INTSORMIL**, Nebraska, p. 65-79, 1993.

LAMBERS, H.; POORTER, H. Inherent variation in growth rate between higher plants: a search for physiological causes and ecological consequences. **Advances in Ecological Research**, v. 23, p. 187-261, 1992.

LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal.* São Carlos: Rima, 2000. 531p.

LELLES, J. G.; SILVA, F. P.; SILVA, J. C. Caracterização do carvão vegetal produzido a partir da madeira *Acacia mangium*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 20, n. 1, p. 87-92, 1996.

LEMOS, A. O.; SILVA, S. I. da.; PIMENTEL, R. M. M.; XAVIER, B. T.; ARAÚJO E. L. Respostas ecofisiológicas de *bernardia sidoides müll.* Arg. Ao estresse hídrico. **Revista de Geografia**, Recife, v. 28, n. 1, 2011.

LEVITT, J. Responses of Plants to Environmental Stresses: Vol.1 – Chilling, Freezing and High Temperature Stresses. **Academic Press**, New York, 1980. 497 p.

LIMA, D.; GARCIA, L. C. Avaliação de métodos para o teste de germinação em sementes de *Acacia mangium* Willd. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 18, n. 2, p. 180-185, 1996.

LIMA, M. R. O. **Fenologia e caracteres morfofuncionais de espécies de *miconia ruiz & pav.* (melastomataceae) em floresta ciliar, Chapada Diamantina, Bahia.** 2013. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2013.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** Nova Odessa: Plantarum, v. 1, 1998. 352p.

LORENZI H. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas.** Instituto Plantarum, Nova Odessa, 2002.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** 4. ed. Nova Odessa: Editora Plantarum, v. 1, 2002. 172 p.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil.** 5 ed. Instituto Plantarum, v. 1, 2008 384p.

LORENZI, H.; SOUZA, H.M.; TORRES, M.A.V.; BACHER, L.B. **Árvores exóticas no Brasil: madeiras, ornamentações e aromáticas.** Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2003. 368p.

LUIS, R. M. F. C. B. Respostas de *Jatropha curcas* L. ao déficit hídrico: Caracterização bioquímica e ecofisiológica. 2009. 62 f. Dissertacao (Mestrado) – Universidade Tecnica de Lisboa, Lisboa, 2009.

LUNZ, A. M.; THOMAZINI, J. M.; MORAES, M. C.; BATISTA, T. F. C. *Hypsipyla grandella* em Mogno (*Swietenia macrophylla*): Situação atual e perspectivas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.59, p. 45-55, 2009.

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria.** 2.ed. Guarapuava: Unicentro, 2009. 316p.

MAES, M. H.; ACHTEN, W. M. J.; REUBENS, B.; RAES, D.; SAMSON, R.; MUYS, B. Plant–water relationships and growth strategies of *Jatropha curcas* L. saplings under different levels of drought stress. **Journal Arid Environ**, 73, p. 877–884, 2009.

MAINIERI, C. (Org.) **Madeiras brasileiras: características gerais, zonas de maior ocorrência, dados botânicos e usos.** São Paulo: Instituto Florestal, 1970. 109 p.

MANTOVANI, A. A method to improve leaf succulence quantification. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. v. 42, p. 9-14, 1999.

MANO, K. R. **Desenvolvimento de *Azadirachta indica* A. Jussieu submetida à diferentes níveis de nitrogênio na região oeste do estado de São Paulo**. 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Área de Produção Vegetal) Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 2006.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 1.ed. Viçosa: UFV, 2005. 451p.

MARIANO, K. R. S.; BARRETO, L. S.; SILVA, A. H. B. da.; NEIVA, G. K. P.; RIBEIRO, A. J.; AMORIM, S. M. C. de. Fotossíntese e tolerância protoplasmática foliar em *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 39, n. 4, p. 853-859, out./dez. 2009.

MARTINS L. T. **Caracterização dendrométrica e crescimento de dez espécies florestais nativas em plantios homogêneos no estado do espírito santo**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2012.

MARTINEZ, S. S. O nim – *Azadirachta indica* Natureza, usos múltiplos, produção. **IAPAR**. Londrina, p.127, 2002.

MARTO, G. T.; BARRICHELO, L. E. G.; MULLER, P. H. **Identificação de *Acacia mangium***. 2011. Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/acacia.mangium.asp>>. Acesso em: 20 Mai. 2013.

MASSACCI, A.; NABIEV, S. M.; PIETROSANTI, L.; NEMATOV, S. K.; CHERNIKOVA, T. N.; THOR, K.; LEIPNER, J. Response of the photosynthetic apparatus of cotton (*Gossypium hirsutum*) to the onset of drought stress under field conditions studied by gas-exchange analysis and chlorophyll fluorescence imaging. **Plant Physiology Biochem**, v. 46, p. 189– 195, 2008.

MATTOS, R. B. **Produtividade e incremento de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., *Cedrela fissilis* Vell. e *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. Ex Steud., em floresta nativa no Rio Grande do Sul, RS**. 2007. 106 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)– Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

MATTOS, S. H. *et al.* **Plantas medicinais e aromáticas cultivadas no Ceará: tecnologia de produção e óleos essenciais**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, p. 61-63, 2007. Acesso em: 05 mai. 2011.

MATOS, F. J. A. **Constituintes químicos ativos e propriedades biológicas de plantas medicinais**. Editora UFC, 2004. 448p.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G. Chlorophyll fluorescence-a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.51, p.659-668, 2000.

MEIER-DÖRNBERG, J. Plantios florestais comerciais de Acacia mangium em Roraima. In: XAUD, H. A. M. (Org.). SEMANA DO ESTUDANTE, 2005, Boa Vista. Florestas e meio ambiente: **Resumo**. Boa Vista: EMBRAPA Roraima, 2005. 74p. (EMBRAPA Roraima. Documentos, 10).

MELLO, E. C. **Estudo dendrológico de essências florestais do Parque Nacional do Itatiaia**. Rio de Janeiro: Parque Nacional do Itatiaia, 1950. 172 p. (Parque Nacional do Itatiaia. Boletim, 2).

MENDES, K. R. **Efeito da sazonalidade da precipitação no crescimento e trocas gasosas em espécies arbóreas numa floresta de terra-firme da Amazônia Central**. 2009. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Instituto nacional de Pesquisa da Amazônia; Manaus, 2009.

MORAES, J. A. P. V.; PEREZ, S. C. J. G. A.; CARVALHO JR, L. F. Curso diário e sazonal do potencial da água e da resistência estomática em plantas de um cerradão. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 27, p. 13 – 23, 1989.

MORAES, J. A. P. V.; PRADO, C. H. B. A. Photosynthesis and water relations in cerrado vegetation. In: SCARANO, F. R.; FRANCO, A. C. Franco (eds.). **Ecophysiological Strategies of Xerophytic and Amphibious Plants in the Neotropics**. Programa de Pós-graduação em Ecologia - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, Series Oecologia Brasiliensis, v. 4 p. 45 – 63, 1998.

MOSSINI, S. A. G.; KEMMELMEIER, C. A árvore Nim (*Azadirachta indica* A. Juss): Múltiplos usos. **Acta Farmacêutica Bonaerense**. Londrina, v. 24, n. 1, p. 139-148, 2005.

NASCIMENTO, H.H.C. do. **Caracterização ecofisiológica de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) submetidas a déficit hídrico**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2009. 90p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Pernambuco; Recife, 2009.

National Research Council. Mangium and other fast-growing acacias for the humid tropics. **National Academy Press**, Washington D.C., 1983. 62 p.

NELSON, C.J., MOSER, L.E. Plant factors affecting forage quality. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.) **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, p. 115-154, 1994.

NEVES, B. P. das; NOGUEIRA, J. P. M. **Cultivo e utilização do nin indiano no Brasil**. Goiânia: Embrapa-CNPAP, 1996. 32 p. (Circular técnica, 28).

NEVES, E. J. M. **Importância dos fatores edafo-climáticos para o uso do nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) em programas florestais e agroflorestais nas diferentes regiões do Brasil**. Colombo: EMBRAPA Florestas, p. 99-107, 2004. (Boletim de Pesquisa Florestal, 49).

NEVES, E.J.M.; CARPANEZZI, A.A. **O Cultivo do Nim para a Produção de Frutos no Brasil**. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2008. (Circular Técnica)

NOGUEIRA, R. J. M. C.; BARBOSA, D. C. A.; MORAES, J. A. P. V. Trocas gasosas e relações hídricas em plantas jovens envasadas de três espécies da caatinga, submetidas a deficiência de água. **Phyton** 62(1/2), p. 37-46, 1998.

OLIVEIRA, A. N.; SILVA, A. C.; ROSADO, S. C. S.; RODRIGUES, E. A. C. Variações genéticas para características do sistema radicular de mudas de baru (*Dipteryx alata* Vog.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n.6, p. 905-909, 2006.

PEREZ, S. C. J. G. A.; MORAES, J. A. P. V. Determinações de potencial hídrico, condutância estomática e potencial osmótico em espécies dos estratos arbóreo, arbustivo e herbáceo de um cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 3, n. 1, p. 27 – 37, 1991.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica, Rio de Janeiro. EDUR, 2004. 192p.

PINCELLI, R. P. **Tolerância à deficiência hídrica em cultivares de cana-de-açúcar avaliada por meio de variáveis morfofisiológicas**. 2010. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”, Botucatu, 2010.

PINHEIRO, A. L.; COUTO, L.; PINHEIRO, D. T.; BRUNETTA, J. M. F. C. **Ecologia, Silvicultura e Tecnologia de utilização dos mognos-africanos (*Khaya* spp.)**. 2011. 102p.

PORRA, R. J.; THOMPSON, W. A.; KRIDEMANN, P. E. Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying a and b extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectroscopy. **Biochimic et Biophysica Acta**, Amsterdam, v. 975, p. 384-394, 1989.

PORTES, M. T. **A interação ecofisiológica planta-ambiente: o papel da aclimação fotossintética na resposta a fatores ambientais em espécies arbóreas**. 2010. 152 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas / Biologia Vegetal)- Instituto de Biociências de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2010.

PRADO, C. H. B. A.; PASSOS, E. E. M.; MORAES, J. A. P. V. Photosynthesis and water relations of six tall genotypes of *Cocos nucifera* in wet and dry seasons. **South African Journal of Botany**, v. 67, p.169-176, 2001.

QUEIROZ, C. G. S.; GRACIA, Q. S.; LEMOS FILHO, J. P. Atividade fotossintética e peroxidação de lipídios de membrana em plantas de aroeira-do-sertão sob estresse hídrico e após reidratação. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v. 14, n. 1, p. 59-63, 2002.

RADOMSKI, M. I.; SILVA, V. P. da.; CARDOSO, D. J. **Louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud.) em sistemas agroflorestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2012. 36 p. (Documentos, 242).

RAMOS, K. M. O.; FELFILI, J. M.; FAGG, C. W.; SOUSA-SILVA, J. C.; FRANCO, A.C. Desenvolvimento inicial e repartição de biomassa de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith, em diferentes condições de sombreamento. **Acta Botânica Brasileira**, v. 18, n.2, p. 351-358, 2004.

REIS, G. G; REIS, M. G. F. Fisiologia da brotação de eucalipto com ênfase nas suas relações hídricas. **IPEF**, v. 11, n.30, p. 9-22, 1997.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIZ, A. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Governo do Estado do RS, 1988. 525 p.

RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil**: manual de dendrologia brasileira. São Paulo: Blücher, 1971. 294 p.

RIZZINI, C. M.; ADUAN, R. E.; JESUS, R. de.; GARAY, I. Floresta pluvial de tabuleiro, Linhares, ES, Brasil: sistemas primários e secundários. **Leandra**, Rio de Janeiro, v. 12, p. 54-76, 1997.

ROJAS, J. S. D. **Avaliação do uso do fluxo de seiva e da variação do diâmetro do caule e de ramos na determinação das condições hídricas de citros como base para o manejo de irrigação**. 2003. 129f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

ROSSI, L. M. B.; AZEVEDO, C. P. de; SOUZA, C. R. de. **Acacia mangium**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2003. 1 folder. 1 folder (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 28). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/46463/1/Doc-28.pdf>

ROZA, F. A. **Alterações morfofisiológicas e eficiência de uso da água em plantas de *Jatropha curcas* L. submetidas à deficiência hídrica**. 2010. 67f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia, 2010.

SANTOS, H. P. **Importância ecofisiológica da reserva de xyloglucano e o controle de sua mobilização em cotilédones de *Hymenaea courbaril* L.** 2002. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2002.

SANTOS, M. M.; ROSA, L. S.; VIEIRA, T. A.; MODESTO, R. S. Experiências de sistemas agroflorestais com nim indiano (*azadirachta indica* a. Juss), no município de Igarapé-açu-pará. In: 59ª Reunião Anual da SBPC, 2007, Belém. **Anais...** Belém, 2007. Disponível em: <<http://www.sbpcnet.org.br/livro/59ra/livroeletronico/resumos/R4127-1.html>>. Acesso em: 13 dez. 2013.

SAXENA, R. C. Scope of nim for developing countries. In: WORD NIM CONFERENCE SOUVENIR, 1993, Bangalore. [Proceedings...]. Bangalore: [s.n.], 1993. p. 24-28.

SCHOLANDER, P. F. et al. A. Sap pressure in vascular plants. **Science**, v. 148, p. 339-346, 1965.

SCOLFORO, J.R.S. *Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas*. Lavras: UFLA: FAEPA, 1998. 441p. (Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” à Distância: Manejo de Florestas Plantadas e Florestas Nativas.).

SFB. **Florestas do Brasil em Resumo**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2013. 188 p.

SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P.; LOPES, J.C.A.; ALMEIDA, B.F.; COSTA D.H.M.; OLIVEIRA, L.C.; VANCLAY, J.K.; SKOVSGAARD, J.P. Growth and yield of a tropical rain forest in the Brazilian Amazon 13 years after logging. **Forest Ecology and Management**, 71: 267-274, 1995.

SILVA, W, SILVA, A. A., SEDIYAMA, T., FREITAS, L. H. L. Altura e diâmetro de *Eucalyptus citriodora* e *E. grandis*, submetidos a diferentes teores de água em convivência com *Brachiaria brizantha*. **Floresta**, v. 27, n.1/2, p. 3-16, 2000.

SILVA, E. C. da; MANSUR, R. J. C. N.; AZEVEDO NETO, A. D. de; SANTOS, V. F. dos. Comportamento estomático e potencial da água da folha em três espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico. **Acta Botânica Brasílica**, Porto Alegre, v. 17, n. 2, 2003.

SOARES, T. N.; CHAVES, L. J.; TELLES, M. P. C.; DINIZ-FILHO, J. A. F.; RESENDE, L. V. Landscape conservation genetics of *Dipteryx alata* (“baru” tree: Fabaceae) from Cerrado region of central Brazil. **Genetica**, Gravenhage, v. 132, p. 9-19, 2008.

SOARES, C.P.B.; MARTINS, F.B.; LEITE JÚNIOR, H.U.; SILVA, G.F.; FIGUEIREDO, L.T.M.; Equações hipsométricas, volumétricas e de taper para onze espécies nativas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n5, p.1039-1051, 2011.

SOUZA, C.R.; SOARES, A.M.; REGINA, M.A. Trocas gasosas de mudas de videira, obtidas por dois porta-enxertos, submetidas à deficiência hídrica. **Pesquisa gropecuária Brasileira**, v.36, p.1221-1230, 2001.

SOUZA, C.R.; ROSSI, L. M. B.; AZEVEDO, C. P.; LIMA, R. M. B. Comportamento de *Acacia mangium* e de clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* em plantios experimentais na Amazônia Central. **Scientia forestalis**, Piracicaba, n.65, p. 95-101, jun. 2004.

SOUZA, C.R.; AZEVEDO, C.P.; LIMA, R.M.; ROSSI, L.M.B. Comportamento de espécies florestais em plantios a pleno sol e em faixas de enriquecimento de capoeira na Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 40, n.1, p. 127-134, 2010.

SOUZA, R. S.; CALDEIRA, S. F.; RIBEIRO, E. S.; SOUZA, R. S.; MOREIRA, E. L. Desenvolvimento de *anadenanthera falcata* (benth.) Speg. e *myracrodruon urundeuva* fr. All. Em plantio homogêneo em nossa senhora do livramento, MT. **Biodiversidade**, Rondonópolis, v. 12, n.1, p. 97-116, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

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

- TINÉ, M. A.S.; CORTELAZZO, A. L.; BUCKERIDGE, M. S. Xyloglucan from cotyledones of *Hymenaea courbaril* L. (Leguminosae-Caesalpinoidea). **Plant Science**, v. 154, p. 117-126, 2000.
- THOMAS, D. S.; TURNER, D. W. Banana (*Musa* sp.) leaf gas Exchange and chlorophyll fluorescence in response to soil drought, shading and lamina folding. **Science Horticulture**, v. 90, p. 93-108, 2001.
- TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F.; SA, S. P. P. de. Dendrometria de espécies nativas em plantios homogêneos no estado de Roraima: andiroba (*Carapa guianensis* Aubl), castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), ipê-roxo (*Tabebuia avellaneda* Lorentz ex Griseb) e jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). **Acta Amazonica**, vol.35, n.3, p. 353-362, 2005.
- TONINI, H.; VIEIRA, B.A.H. Desrama, crescimento e predisposição à podridão-do-lenho em *Acacia mangium*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 7 Brasília, jul. 2006.
- TORRES NETO, A.; CAMPOSTRINI, E. OLIVEIRA, J. G. De: YAMANISHI, O. K. Portable chlorophyll meter for the quantification of photosynthetic pigments, nitrogen and the possible use for assessment of the photochemical process in *Carica papaya* L. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v.14, n.3, p.203-210, 2002.
- TURNER, N.C. Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. **Plant and Soil**, v.58, p.339-366, 1981.
- VAN DER NAT, J. M.; VAN DER SLUIS, W. G.; DE SILVA, K. T. D.; LABADIE, R. P. Ethnopharmacognostical survey of *Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae). **Journal of Ethnopharmacology**. Ireland, v. 35, p. 1-24, 1991.
- VARGAS, M.E. de O. **Respostas ecofisiológicas e bioquímicas do *Ocimum basilicum* L. cultivado em diferentes níveis hídricos**. 2007. 72p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2007.
- VIANA, Glauce Socorro de Barros. **Aroeira-do-sertão: estudo botânico, farmacognóstico e farmacológico**. Editora UFC, 164p. 1995.
- VILELA, J.A.R. **Efeito da utilização de Óleo de nim (*Azadirachta indica*) por via Dérmica e da Moxidectina por via Subcutânea na Prevenção de Infestação por *Dermatobia hominis* (LINNAEUS JR., 1781) (DIPTERA; CUTEREBRIDAE) em Bovinos**. 2008. 53f. Dissertação (Mestrado em Veterinária) - Curso de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Instituto de Veterinária, Universidade Federal rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2008.
- WILSON, P.J.; THOMPSON, K.; HODGSON, J.G. Specific leaf area and leaf dry matter content as alternative predictors of plant strategies. **New Phytologist**, v. 143, p. 155-162, 1999.
- WRIGHT, I.J.; WESTOBY, M.; REICH, P.B. Convergence towards higher leaf mass per area in dry and nutrient-poor habitats has different consequences for leaf life span. **Journal of Ecology**, v. 90, p. 534-543, 2002.

YARED, J. A. G.; VIANA, L. M.; KANASHIRO, M. Ensaio de Procedências de *Acacia mangium* Willd., no Planalto do Tapajós, Pará. Boletim de Pesquisa Embrapa/CPATU n. 107, 1990. 19 p.

ZHU, J.K. Cell signaling under salt, water and cold stresses. *Current Opinion in Plant Biology*, Oxford, v. 4, p. 404-406, 2001.

ZIMMERMANN, M. H.; BROWN, C. L. **Trees Structure and Function**. New York: Springer Verlag, 1971. 336p.

**ANEXO – A – ACÁCIA: DA ESQUERDA PARA DIREITA AOS 06, 12, 24 E 36 MESES DE IDADE**



**ANEXO – B – AROEIRA: DA ESQUERDA PARA DIREITA AOS 06, 12, 24 E 36 MESES DE IDADE**



**ANEXO – C – FREI JORGE: DA ESQUERDA PARA DIREITA AOS 06, 12, 24 E 36 MESES DE IDADE**



**ANEXO – D – JATOBÁ: DA ESQUERDA PARA DIREITA AOS 06, 12, 24 E 36 MESES DE IDADE**



**ANEXO – E – MOGNO AFRICANO: DA ESQUERDA PARA DIREITA AOS 06, 12, 24 E 36 MESES DE IDADE**



**ANEXO – F – NIM: DA ESQUERDA PARA DIREITA AOS 06, 12, 24 E 36 MESES DE IDADE**



**ANEXO – G – SOBRASIL: DA ESQUERDA PARA DIREITA AOS 06, 12, 24 E 36 MESES DE IDADE**