



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

JOSÉ RAIMUNDO QUADROS FERNANDES

**EFEITO DA RESTRIÇÃO HÍDRICA NO COMPORTAMENTO DE PROGÊNIES DE
CUPUAÇUZEIRO [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum].**

BELÉM
2016

JOSÉ RAIMUNDO QUADROS FERNANDES

EFEITO DA RESTRIÇÃO HÍDRICA NO COMPORTAMENTO DE PROGÊNIES DE
CUPUAÇUZEIRO [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum].

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Agrônômica da
Universidade Federal Rural da Amazônia como
requisito para obtenção de grau de Bacharel em
Engenharia Agrônômica.

Área de Concentração: Melhoramento Genético
Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Lázaro Moraes da
Cunha.

BELÉM

2016

Fernandes, José Raimundo Quadros

Efeito da Restrição Hídrica no Comportamento de Progenies de Cupuaçuzeiros - *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum. / José Raimundo Quadros Fernandes. – Belém, 2016.

51 f. il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2016.

Orientador: Raimundo Lázaro Moraes da Cunha

1. Cultivar 2. Fruteira nativa 3. Estresse hídrico 4. Desenvolvimento vegetativo. I. Cunha, Raimundo Lázaro Moraes da, (orient.). II. Título.

CDD – **634.6**

JOSÉ RAIMUNDO QUADROS FERNANDES

EFEITO DA RESTRIÇÃO HÍDRICA NO COMPORTAMENTO DE PROGÊNIES DE
CUPUAÇUZEIRO [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum].

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal Rural da Amazônia como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Área de Concentração: Melhoramento Genético Vegetal.

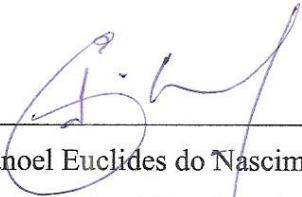
Data da Aprovação: 04/05/2016

Banca Examinadora:

_____ Membro 1

Dr. Rafael Moysés Alves
Embrapa Amazônia Oriental

_____ Membro 2


Dr. Manoel Euclides do Nascimento
Universidade Federal Rural da Amazônia

Aos meus familiares, em especial minha mãe Isabel e irmã Socorro, pelo incentivo e apoio incansável durante esta trajetória.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo direcionamento que me deu na vida.

Aos meus pais, pelos ensinamentos a educação e o preparo para enfrentar os desafios da vida.

Aos meus familiares pelo apoio e incentivo.

Aos meus amigos, pela motivação.

À Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), e a todo o corpo docente, técnicos e demais funcionários, pela qualificação e suporte durante o curso.

Ao Dr. Rafael Moysés Alves, pelo incentivo e apoio para a realização do curso.

Ao Prof. Dr. Raimundo Lázaro Moraes da Cunha, pela orientação, pelo apoio e incentivo na realização deste trabalho.

A Embrapa Amazônia Oriental, pela oportunidade de realizar o curso.

Aos colegas de trabalho Antônio Fontel e José Oliveira, aos colegas de estágio, em especial ao Jardel Diego Barbosa Rodrigues e Amanda Lobato Teixeira, pelo apoio e auxílio durante a realização do trabalho.

RESUMO

A BRS Carimbó é uma cultivar de cupuaçuzeiro que tem como parentais 16 clones que foram obtidos pelo programa de melhoramento genético da Embrapa Amazônia Oriental. Foi lançada em 2012, tendo boa capacidade para produção de frutos e resistência a vassoura de bruxa, adaptada às condições climáticas da Amazônia paraense. Com o intuito de conhecer o potencial dessa cultivar em condições de restrição hídrica, foi montado em casa de vegetação na Embrapa Amazônia Oriental, Belém-PA um experimento, utilizando progênies dos parentais dessa cultivar. Foi empregado delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial de 16 x 2, com quatro repetições e uma planta por unidade amostral. Os tratamentos foram 16 progênies de cupuaçuzeiro e dois regimes hídricos (déficit hídrico e controle). Como variáveis de resposta foram estudadas variáveis biométricas como altura, diâmetro do caule, número de folhas, comprimento de raízes e área foliar total. Foram empregados, também, parâmetros fisiológicos como a transpiração, condutância estomática foliar, taxa assimilatória líquida, taxa de crescimento relativo, taxa de crescimento absoluto e acumulação de massa seca total. As progênies submetidas ao déficit hídrico tiveram comportamentos distintos. Entretanto, de um modo geral, tiveram redução no desenvolvimento, quando comparadas às plantas controle, com exceção do comprimento das raízes em que as progênies 47 e 57 apresentaram médias superiores para plantas com déficit (32 e 29 cm, respectivamente) e com diferença estatística significativa em comparação às do tratamento controle (26.75 e 20 cm, respectivamente). A área foliar e o diâmetro do caule foram as variáveis mais efetivas em mensurar o efeito do estresse. Aos 45 dias, tempo final do estudo, apenas a progênie 42 permaneceu com 100% das plantas iniciais vivas. As progênies 64 e 215 tiveram 75% de sobrevivência, seguida por 32, 44, 48, 56, 174, e 1074 com 50% e, pelas progênies 46, 61 e 62 com 25% do stand inicial. Por outro lado, as progênies 47, 51, 56, e 63 foram extremamente sensíveis à restrição hídrica e não sobreviveram ao período de estresse.

Palavras-chave: Cultivar; fruteira nativa; estresse hídrico; desenvolvimento vegetativo.

ABSTRACT

The BRS Carimbó is a cultivar of cupuassu that has as its parental 16 clones which were obtained by the breeding program of Embrapa Amazônia Oriental. It was launched in 2012 having good capacity to produce fruits and witches' broom resistance, adapted to the climatic conditions of the paraense Amazon. In order to know the potential of this cultivar in water restriction conditions, it was set up in a greenhouse at Embrapa Amazônia Oriental, Belém-PA an experiment using progenies of parents of this cultivar. It was used completely randomized experimental design in a factorial 16 x 2, with four replications and one plant per sample unit. The treatments were 16 progenies of cupuassu and two water regimes (water deficit and control). As response variables were studied biometric variables such as height, stem diameter, leaf number, root length and total leaf area. It was also employed physiological parameters such as transpiration, leaf stomatal conductance, net assimilation rate, relative growth rate, absolute growth rate and total dry matter accumulation. The progenies subjected to water deficit had distinct behaviors. However, in general, they had a reduction in development when compared to control plants, except for the length of the roots as the progenies 47 and 57 presented averages higher for plants with a water deficit (32 and 29 cm, respectively) and statistically significant difference significant in comparison to the control treatment (26.75 cm and 20 cm, respectively). The leaf area and stem diameter were the most effective variables in measuring the effect of stress. At 45 days, final time of the study, only the progeny 42 remained with 100% of the initial living plants. The progenies 64 and 215 had 75% of survival, followed by 32, 44, 48, 56, 174 and 1074 with 50%, and by the progenies 46, 61 and 62 with 25% of the original stand. On the other hand, the progenies 47, 51, 56, and 63 were extremely sensitive to water restriction and did not survive after the stress period.

Keywords: Cultivar; native fruit tree; water stress; vegetative development.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Localização da área experimental.	17
Figura 2 – Média da distribuição por hora de temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) no interior da casa de vegetação durante o período experimental.....	18
Figura 3 – Média da distribuição por hora de temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) no interior da casa de vegetação durante o período experimental.	18
Figura 4 – Germinação das sementes de cupuaçuzeiros em sementeira.	20
Figura 5 – Visão das progênies no início da restrição hídrica.....	21
Figura 6 – Efeito do nível de estresse por restrição hídrica na altura da planta (A), diâmetro do coleto (B), número de folhas (C) e área foliar total (D) de 16 progênies de cupuaçuzeiros submetidas a dois regimes hídricos (déficit e controle), por 45 dias em Belém, Pará, em 2015.....	27
Figura 7 – Taxa de crescimento relativo (TCR) de 16 progênies de cupuaçuzeiros submetidas a dois regimes hídricos (déficit e controle) por 45 dias em Belém, PA. 2015. Valores médios de quatro repetições. (⊥) Erro-padrão da média. Teste – t ** (P<0,01), * (P<0,05), ns (não-significativo).	37
Figura 8 – Taxa de crescimento absoluto (TCA) de 16 progênies de cupuaçuzeiros submetidas a dois regimes hídricos (déficit e controle) por 45 dias em Belém, PA. 2015. Valores médios de quatro repetições. (⊥) Erro-padrão da média. Teste – t ** (P<0,01), * (P<0,05), ns (não-significativo).	38
Figura 9 – Taxa assimilatória líquida (TAL) de 16 progênies de cupuaçuzeiros submetidas a dois regimes hídricos (déficit e controle) por 45 dias em Belém, PA. 2015. Valores médios de quatro repetições. (⊥) Erro-padrão da média. Teste – t ** (P<0,01), * (P<0,05), ns (não-significativo).	39
Figura 10 – Acúmulo de matéria seca total (AMS) de 16 progênies de cupuaçuzeiros submetidas a dois regimes hídricos (déficit e controle) por 45 dias em Belém, PA. 2015. Valores médios de quatro repetições. (⊥) Erro-padrão da média. Teste – t ** (P<0,01), * (P<0,05), ns (não-significativo).	40
Figura 11 – Visão do experimento mostrando as mudas de cupuaçuzeiros no final do déficit hídrico. Belém, PA. 2015.	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Progênes avaliadas e suas respectivas ancestralidades e procedências. Belém, PA. 2015.....	19
Tabela 2 – Caracterização química e granulométrica do solo, na camada de 0-20 cm de profundidade, antes da instalação do experimento.	21
Tabela 3 – Médias do peso (P), largura (L), comprimento (C) e espessura (E) das sementes de 16 progênes de cupuaçuzeiros em Belém, PA. 2015.	25
Tabela 4 – Plântulas normais germinadas (PNG), plântulas anormais (PA) e sementes mortas (SM), em experimento com 16 progênes de cupuaçuzeiros em Belém, PA. 2015.....	26
Tabela 5 – Crescimento em altura (Alt), diâmetro (Dia), número de folhas (NF) e área foliar total (AFT) de 16 progênes de cupuaçuzeiros submetidas a dois regimes hídricos (déficit e controle) no início do tratamento, (tempo 0) em Belém, PA. 2015.	29
Tabela 6 – Crescimento em altura (Alt), diâmetro (Dia), número de folhas (NF) e área foliar total (AFT) de 16 progênes de cupuaçuzeiros submetidas a dois regimes hídricos (déficit e controle) dos tratamentos, aos 15 dias, em Belém, PA. 2015.	30
Tabela 7 – Crescimento em altura (Alt), diâmetro (Dia), número de folhas (NF) e área foliar total (AFT) de 16 progênes de cupuaçuzeiros submetidas a dois regimes hídricos (déficit e controle) aos 45 dias do início dos tratamentos, em Belém, PA. 2015.....	31
Tabela 8 - Incremento em altura (Alt), diâmetro (Dia), número de folhas (NF) e área foliar total (AFT) de 16 progênes de cupuaçuzeiros submetidas a dois regimes hídricos (déficit e controle) por 45 dias, em Belém, PA. 2015.....	33
Tabela 9 – Crescimento em biomassa de matéria fresca (MF), biomassa de matéria seca (MS) e comprimento de raiz (CR) de 16 progênes de cupuaçuzeiros no início do tratamento (t=0) em Belém, PA. 2015.	34
Tabela 10 – Crescimento em biomassa de matéria fresca (MF), biomassa de matéria seca (MS) e comprimento de raiz (CR) de 16 progênes de cupuaçuzeiro submetidas a dois regimes hídricos (déficit e controle) ao final do experimento (t=45 dias) em Belém, PA. 2015.....	36
Tabela 11 – Valores médios da taxa transpiratória foliar (E , $\mu\text{g cm}^{-2} \text{s}^{-1}$) de 16 progênes de cupuaçuzeiro, submetidas a dois regimes hídricos (déficit e controle) durante 45 dias em Belém, PA. 2015.	41
Tabela 12 – Valores médios da condutância estomática (g_s , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) de 16 progênes de cupuaçuzeiros submetidas a dois regimes hídricos (déficit e controle) durante 45 dias em Belém, PA. 2015.	43
Tabela 13 – Taxa de sobrevivência de 16 progênes de cupuaçuzeiros submetidas ao déficit hídrico durante 45 dias. Belém, PA. 2015.	45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 Aspectos gerais do cupuaçuzeiro.....	12
2.2 A BRS Carimbó.....	13
2.3 Estresse hídrico.....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1 Localização e caracterização da área experimental.....	17
3.2 Climatologia local	17
3.3 Material vegetal e condições de cultivo	18
3.4 Caracterização do substrato	20
3.5 Tratamentos e delineamento experimental.....	21
3.6 Condução do experimento	21
3.6.1 Variáveis de acúmulo de biomassa	22
3.6.2 Parâmetros fisiológicos.....	23
3.7 Análise estatística	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 Germinação das sementes.....	25
4.1.1 Caracterização das sementes	25
4.1.2 Taxa de germinação	26
4.2. Desenvolvimento vegetativo	27
4.3 Variáveis fisiológicas	40
5 CONCLUSÕES.....	46
REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

O cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.] é uma fruteira da ordem das Malvales pertencente à família Malvaceae. Trata-se de uma espécie frutífera arbórea nativa da região amazônica, que vem se destacando em cultivos manejados desde a década de 1970 (SANTANA, 2014). Esta espécie desponta como uma das fruteiras mais importantes para o desenvolvimento da agricultura na região Amazônica brasileira, por apresentar dupla aptidão, fornecimento de polpa e sementes e, por existir um mercado em expansão pelo consumo de seus produtos pela indústria alimentícia, bebidas e de cosméticos.

O Estado do Pará tem a maior área plantada de cupuaçuzeiros no País, 12 mil hectares, onde o município de Tomé Açu desponta como o maior produtor, seguido por Moju, Acará e Bujaru, responsáveis por 51% da produção paraense (SAGRI-PA, 2016).

A Embrapa Amazônia Oriental tem promovido o melhoramento genético dessa espécie e obtido variedades com características que garantem, ao mesmo tempo, ótima capacidade de produção de frutos e boa resistência à vassoura-de-bruxa, doença que causa redução de 70% da produção de cupuaçu no Estado do Pará (ALVES, 2012).

A cultivar BRS Carimbó lançada pela Embrapa Amazônia Oriental em 2012, apresenta as características de boa produção e resistência à vassoura-de-bruxa. Estima-se que aos oito anos de idade, na fase adulta nos pomares, cada planta do cultivar produza, em média, por safra, 18 frutos com 1.600 gramas cada. Dos seus frutos podem ser produzidos: geleias, sucos, cremes, sorvetes, biscoitos, compotas, licores. Das sementes pode ser feito o cupulate, que é o chocolate de cupuaçu, além da extração de manteiga e óleo, utilizados na fabricação de cosméticos como batons, xampus, e cremes faciais (ALVES, 2012).

O potencial de produtividade da BRS Carimbó precisa ser avaliado em regiões sujeitas à deficiência hídrica decorrente da distribuição irregular de chuvas, na região amazônica. Nessas áreas é comum a ocorrência de períodos secos com aproximadamente seis meses de pluviosidade abaixo de 100 mm. Em tais condições, as plantas recém-instaladas no campo podem passar por deficiência hídrica acentuada, causada por elevados níveis de radiação incidente, e serem submetidas à grande perda de água (CARVALHO, 2005).

A água é um componente essencial para o desenvolvimento das plantas, pois governa grande parte das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, funcionando como solvente de nutrientes do solo e como meio de transporte de nutrientes na planta (KIEL,

1979). As plantas utilizam água em grandes quantidades pela absorção por difusão de CO₂ para a fotossíntese (TAIZ et al, 2009).

O monitoramento da restrição estresse hídrica é importante para determinar o impacto no desenvolvimento e na produtividade desta cultivar, uma vez que o déficit hídrico altera o metabolismo, diminui a capacidade fotossintética e o potencial hídrico foliar, perda de turgor, fechamento de estômatos, diminuição do crescimento celular (NOGUEIRA et al 2001), comprometendo a capacidade produtiva das plantas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar e selecionar, preliminarmente, progênies de cupuaçuzeiros, oriundas dos clones parentais do cultivar BRS Carimbó, em condições de restrição hídrica.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais do cupuaçuzeiro

O cupuaçuzeiro (*T. grandiflorum*) é uma fruteira nativa da Amazônia com porte variando de 15 a 25 metros. Em cultivos manejados pode variar de 6 a 10 metros. Na Amazônia floresce no período julho a dezembro e frutifica de agosto a abril. Em áreas manejadas com utilização de irrigação, adubações balanceadas e materiais de plantação heterogêneos, o ciclo produtivo torna-se mais longo, com períodos de entre safras mais curta (SANTANA et al, 2014).

Originalmente o cupuaçuzeiro restringia-se às áreas de florestas nativas ao Sul do rio Amazonas, Oeste do rio Tapajós, incluindo o Sul e Sudeste do estado do Pará e a região pre-amazônica do estado do Maranhão (DUCKE, 1946). Países como Colômbia, Peru, e Bolívia cultivam o cupuaçuzeiro em pequena escala. No Brasil o cultivo se concentra na região Norte, porém já migrou para Bahia, Espírito Santo, São Paulo, Paraná (VENTURIERI: AGUIAR, 1988). No Estado do Pará foi encontrado em matas de terra firme ou em várzea, mais precisamente no Médio Tapajós (Itaituba), no Rio Anapu (Portel), no Rio Xingu (Altamira), no Rio Guamá e no Rio Tocantins (Tucuruí), sendo atualmente distribuída por, praticamente, toda a bacia Amazônica (CARVALHO et al., 1999; SOUZA et al., 1999).

O cupuaçuzeiro é uma espécie alógama, com flores hermafroditas, o fruto é uma baga drupácea, com dimensões variando de 12 a 25 centímetros de comprimento e de 10 a 12 centímetros de diâmetro, pesando em média 1.200 gramas, podendo chegar até 50 sementes. A polpa de coloração amarela ou brancacenta tem sabor ácido e cheiro forte. A produção média de frutos em plantas nativas é considerada 12 frutos por planta (ALVES, 2012.) O peso do fruto, em média, distribui-se percentualmente da seguinte forma: casca 43,0%, polpa 38,5%, sementes 16% e placenta 2,5% (PARENTE, 2003). Análises físico-químicas da polpa, realizadas por diversos autores, encontraram os seguintes resultados para alguma das características analisadas: Umidade (%) 81,3 a 89,0; Proteína (%) 0,53 a 1,92; Gorduras (%) 0,48 a 1,60; Extrato etérico (%) 0,48 a 2,35; Cinzas (%) 0,70 a 2,12; Fibras (% d, wt) 0,50 a 2,47; Vitamina C (mg/100g) 4,0 a 33,0; pH 3,2 a 3,6; Açúcares redutores (%) 2,8 a 3,1; °Brix 10,5 a 13.

A espécie é diplóide e apresenta $2n = 20$ cromossomos (CARLETTO, 1946). É semi-umbrófila e destaca-se pela boa adaptação em consórcios com outras espécies perenes, semi-perenes e provisórias (ALVES et al., 2007). As folhas são simples, alternas, curtas pecioladas, com lâmina verde mais ou menos brilhantes, glabra, na face superior e possui um pó ferrugineo-tomentosa na face inferior (VENTURIERI et al., 1985).

Antes do estabelecimento em cultivos comerciais os habitantes da Amazônia já plantavam o cupuaçuzeiro em quintais. O cultivo tem sido realizado em pequenas propriedades rurais, em pequena escala em cultivos solteiros mais também consorciado com outras culturas. Emprega basicamente mão de obra familiar praticamente o ano inteiro, contribuindo para geração de renda e fixação do homem no campo (ALVES, 2002). Seu maior potencial é a exploração de polpa para fabricação de sucos, geleias, doces, sorvetes e sementes para uso na indústria de cosméticos. Sua semente tem grande potencial para fabricação do cupulate, faltando ainda tecnologia para separação do tegumento da amêndoa.

2.2 A BRS Carimbó

A BRS Carimbó é uma cultivar originada do Programa de Melhoramento Genético do Cupuaçuzeiro da Embrapa Amazônia Oriental, lançada em 2012 (ALVES, 2012). O tamanho, o formato, peso dos frutos variam em função dos 16 parentais envolvidos. Essa cultivar apresenta dupla aptidão, para produção de polpa e sementes. O fruto apresenta em média de 234 mm de comprimento e diâmetro de 124 mm, com peso médio de 1.622 g com 632 g de polpa. Tem rendimento de polpa de 38%, teor de sólidos totais solúveis de 12,2° Brix, Acidez titulável de 1,8% e sólidos totais de 15° Brix. As sementes constituem 13% do fruto com peso unitário em média de 7 g (ALVES, 2012).

A cultivar BRS Carimbó inicia processo produtivo aos três anos, a estimativa de estabilização das plantas se dará a partir do oitavo ano de campo, com a produção média de 18 frutos por planta/safra. Esta produção supera em 28% as cultivares Manacapuru, Codajás, Coari e Belém, lançadas anteriormente no mercado, em média de 14 frutos/plantas e, 50% em relação à média paraense, com média de 12 frutos/planta. Com peso médio de 1.622 g e computando 400 plantas por hectare a produtividade chega a 11.600 kg de frutos, bem acima da média de produtividade do Estado do Pará que é de 3.370 kg frutos por hectare, gerando um acréscimo de 244%, e de 67% em relação as quatro cultivares lançadas no mercado. Com um rendimento de 38% de polpa por fruto, a produtividade chega 4,4 toneladas de polpa por hectare. Bem acima da produtividade média paraense de 1,3 toneladas de polpa por hectare e de 2,4 toneladas de polpa por hectare das quatro cultivares. A produtividade de amêndoas secas esperada é de 1,0 tonelada por hectare. (ALVES, 2012).

2.3 Estresse hídrico

A água é o principal constituinte das plantas, é importante para a manutenção da turgescência celular, transporte de nutrientes como solventes orgânicos e inorgânicos e para a regulação térmica da planta (SEREJO, 2009). A espécie, a fenologia da planta, tipos de solo e condições climáticas influem no consumo de água pelas plantas. Entre os fatores limitantes da produção vegetal, o déficit hídrico tem importância destacada, pois além de afetar as relações hídricas nas plantas, alterando o metabolismo, ocorre em grandes extensões de áreas cultiváveis (NOGUEIRA et al., 2001), desta forma o crescimento e desenvolvimento das plantas estão condicionadas ao suprimento de água quer seja por meio de chuvas ou processo de irrigação.

O monitoramento periódico das variações sazonais e diurnas do potencial hídrico foliar, e das trocas gasosas quando associadas com medições da condutância estomática e das variações climáticas, podem servir como importantes ferramentas para a compreensão de como determinada espécie utiliza os recursos disponíveis do ambiente. Bem como, de que forma as flutuações sazonais destes recursos afetam a produtividade primária das plantas. Assim, a avaliação dos efeitos do período seco, não somente com vistas à produção econômica, mas procurando esclarecer como e, em quais proporções, esses parâmetros podem contribuir para a sobrevivência durante tais períodos, são de grande importância (DAMATTA et al., 2003).

O movimento estomático é o principal mecanismo de controle das trocas gasosas nas plantas superiores terrestres e seu funcionamento constitui um comprometimento fisiológico: abertos, permitem a absorção de CO₂; fechados, conservam água e reduzem o risco de desidratação. À medida que a disponibilidade de água no solo diminui, a taxa de transpiração decresce como resultado do fechamento estomático, constituindo um importante mecanismo de defesa das plantas contra as perdas excessivas de água e eventual morte por dessecação (LARCHER, 2004).

O potencial de água da folha indica o seu estado energético de modo que variações diurnas da demanda evaporativa da atmosfera alteram esse estado de energia e explicam os fluxos de água no sistema solo-planta-atmosfera (BERGONCI et al., 2000). Como o processo de abertura e fechamento estomático está relacionado com o estado de hidratação da folha, tais variações podem afetar a produtividade do vegetal. Em plantas jovens de *Bactris gasipaes* (Kunth) a fotossíntese reduziu 92% quando o potencial de água da folha caiu para -1,9 MPa (OLIVEIRA et al., 2002), mostrando o forte efeito do estado de hidratação da folha na assimilação do carbono.

Sabe-se que a deficiência hídrica provoca modificações na composição das células das plantas superiores, levando, em muitos casos, à produção de substâncias orgânicas osmoticamente ativas, como por exemplo, prolina, aminoácidos solúveis totais e carboidratos

solúveis totais (CARVALHO, 2005). Esse processo, conhecido como osmorregulação, é um componente de grande importância no processo de tolerância à seca em várias espécies (SILVA et al., 2004).

As plantas raramente crescem em ambientes ideais; muitas vezes, experimentam flutuações ambientais e estresses que modificam a sua fisiologia, a taxa de crescimento e desenvolvimento e limitam a produção (BUXTON e FALES 1994). De maneira geral, todos os aspectos ligados ao crescimento da planta são afetados pelo estresse hídrico (KRAMER, 1983).

O Crescimento celular, fotossíntese, e produtividade de cultivos são fortemente influenciados pelo potencial hídrico e seus componentes, o qual é um bom indicador da saúde da planta (TAIZ & ZEIGER, 2009). Pequenos desequilíbrios no fluxo de água podem causar déficits hídricos e mau funcionamento em inúmeros processos celulares, o qual levará a planta ter baixa capacidade produtiva.

O déficit hídrico, em geral causa aumento da resistência estomática, reduz a transpiração ocasionando suprimento de CO₂ para a realização do processo de fotossíntese (NOGUEIRA et al., 2001). Há mudanças também na condutância estomática, síntese protéica, síntese de parede e expansão celular, acréscimo do ácido abscísico, e de solutos, ajustamento osmótico (TAIZ & ZEIGER, 2009). O déficit hídrico, reduz a atividade fotossintética diminuindo o volume celular, levando ao declínio da turgescência (MORAIS et al., 2003). A turgidez é o mais precoce efeito biofísico significativo do estresse hídrico afetando também as atividades dependentes como a expansão foliar e o alongamento de raízes, limitando também o tamanho das plantas e o número de folhas e (TAIZ & ZEIGER, 2009), O turgor se dá em defesa da planta, com a diminuição de água, as células se contraem diminuindo pressão de turgidez contra as paredes celulares. A expansão foliar depende da expansão celular, uma vez que a inibição desta influi na lentidão de expansão foliar. A redução da área foliar pode ser considerada a primeira linha de defesa contra a seca (TAIZ & ZEIGER, 2009). O alongamento das raízes em profundidade é uma forma da planta absorver água para suprir sua necessidade. Plantas com características mesófitas podem se adaptar a restrição hídrica moderada através do ajustamento osmótico, possibilitando a manutenção do turgor celular e o crescimento mesmo com baixo potencial hídrico foliar (ROZA, 2010). Compostos como açúcares, aminoácidos, álcoois e amônio quaternário são fatores importantes para as plantas vencer estresses ambientais (MORGAN, 1984). Plantas submetidas a restrição hídrica podem escapar da redução no potencial hídrico e manter o turgor pela redução na elasticidade de suas paredes celulares (SAITO e TERASHIMA, 2004). O ajustamento osmótico tem sido utilizado como critério de seleção para tolerância ao estresse por falta de água entre espécies de *Eucalyptus grandis* (LEMCOFF et al., 1994), *Citrus sinensis*

(MEDINA et al., 1999), *Coffea canephora* (ALMEIDA, 1996) e *Theobroma cacao* (ALMEIDA et al., 2002).

A forma como as plantas agem para superar o déficit hídrico, são complexas e estão relacionadas com a sensibilidade e a tolerância a outros estresses, variando entre os genótipos (CHAVES et al., 2002). Plantas submetidas à deficiência hídrica moderada em geral reduzem o crescimento da parte aérea antes que o das raízes, resultando em incremento na relação entre raiz com parte aérea. Reduz também o crescimento foliar antes de reduzir a taxa fotossintética, resultando em excesso de carboidratos para as raízes (BOYER, 1970).

Plantas submetidas a déficit hídrico, em geral, apresentam baixas taxas de crescimento e de fotossíntese, elevada razão raiz/parte aérea, diminuindo capacidade de aquisição de recursos e de renovação de tecidos. O conjunto desses fatores conferem as plantas maiores resistência para se desenvolverem em ambientes extremos (CHAPIN et al. 1993; RAMOS et al., 2004).

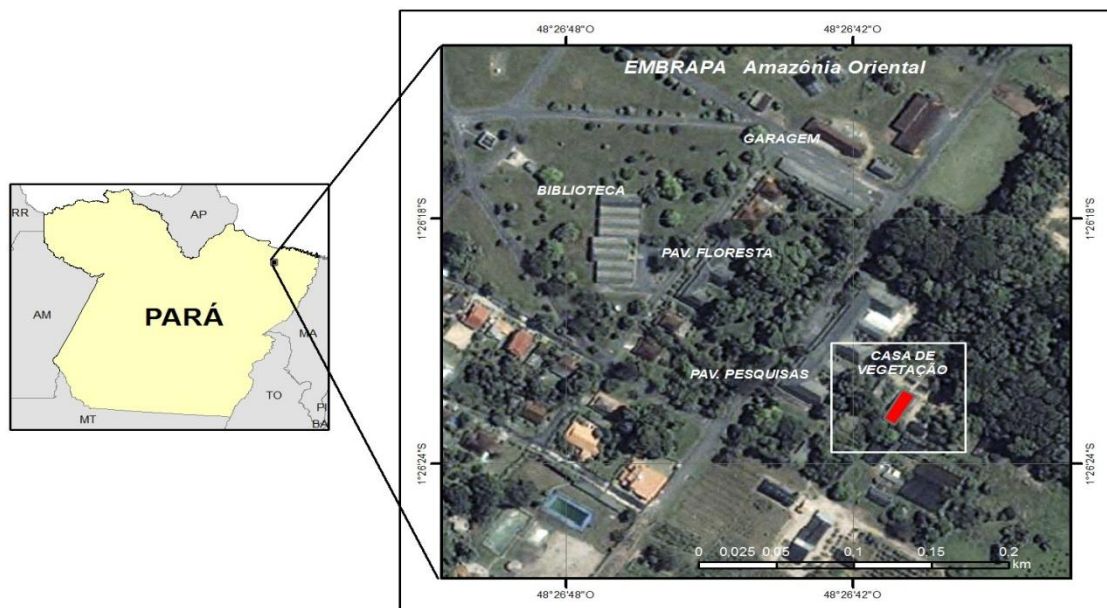
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no período de março a novembro de 2015, na base física da Embrapa Amazônia Oriental, localizada no município de Belém-PA, apresentando como coordenadas geográficas 01° 27' 21" de latitude Sul e 48° 30' 16" de longitude Oeste de Greenwich (Figura 1).

Foi realizado em casa de vegetação de aproximadamente 168 metros quadrados (m²). Seus componentes arquitetônicos, principalmente no que se refere à estrutura e aos isolamentos, são compostos pelo telhado de vidro com abertura por lanternim, tela metálica em suas laterais, para não impedir a livre circulação do ar. Abaixo do telhado foi colocada uma cobertura com sombrite para permitir a entrada de 50% de iluminação.

Figura 1 – Localização da área experimental.



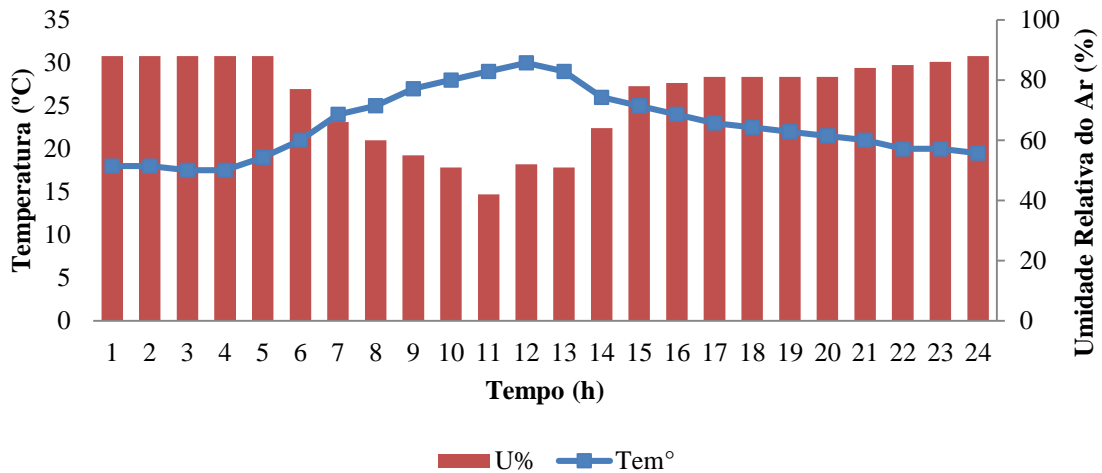
Fonte: Embrapa Amazônia Oriental, 2015.

3.2 Climatologia local

De acordo com classificação de Köppen, o clima predominante na região é o Af_i com temperatura média anual de 26 °C, com alta pluviosidade, sendo a média de 2.754,4 mm anuais, ocorrendo uma estação chuvosa de dezembro a maio e uma menos chuvosa, de junho a novembro (NECHET, 1993). Os dados diários referentes às temperaturas máximas, mínimas e

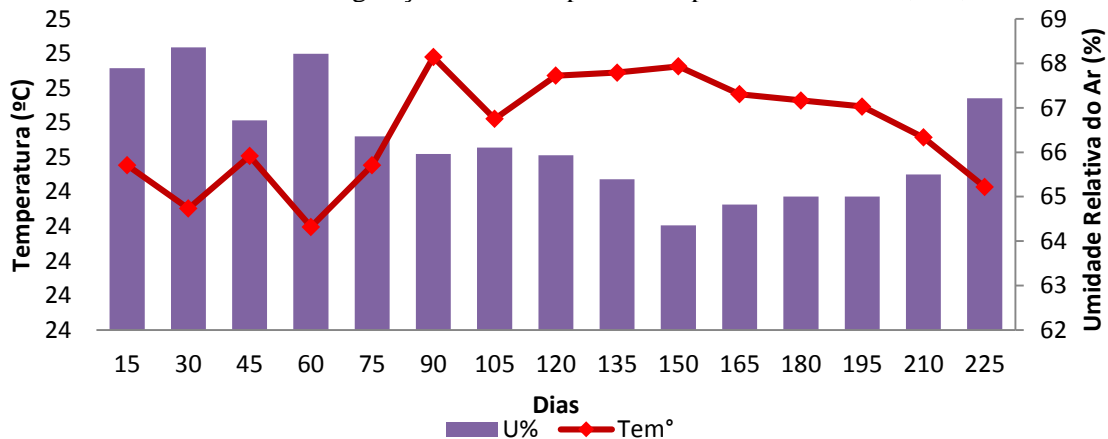
umidade relativa durante a condução do experimento (Figura 2 e 3), foram coletados por meio de um Termohigrógrafo (Kipp & Zonen, modelo 836) instalado dentro da casa de vegetação. A radiação fotossinteticamente ativa (PAR) foi medida usando um medidor portátil de quantum modelo LI-1600 (Li-Cor, inc.). Os valores máximos de PAR no interior da casa de vegetação variaram 169-300 fótons $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$.

Figura 2 - Média diária da distribuição por hora da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e Umidade Relativa do Ar (%) no interior da casa de vegetação durante o período experimental. Belém, PA, 2015.



Fonte: Dados da Pesquisa.

Figura 3 - Média diária da distribuição por hora da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e Umidade Relativa do Ar (%) no interior da casa de vegetação durante o período experimental. Belém, PA, 2015.



Fonte: Dados da Pesquisa.

3.3 Material vegetal e condições de cultivo

Uma amostra de 16 progênies de cupuaçuzeiros foram utilizados neste estudo (Tabela 1). As progênies utilizadas são originadas de sementes dos 16 clones parentais do cultivar BRS Carimbó. Apesar de não existir informações sobre o nível de resistência destes genótipos a

restrição hídrica, trata-se de materiais com excelente característica de produção e resistência a vassoura de bruxa.

Tabela 1 – Clones que deram origens as progênies avaliadas e, suas respectivas ancestralidades e procedências. Belém, PA. 2015.

Clone	Ancestralidade	Local origem mãe	Local origem pai
32	174 x 186	174: Coari –AM	186: Codajás – AM
42	186 x 434	186: Codajás – AM	434: Muaná – PA
44	186 x 434	186: Codajás – AM	434: Muaná – PA
46	186 x 215	186: Codajás – AM	215: Manacapuru – AM
47	186 x 1074	186: Codajás – AM	1074: Itacoatiara – AM
48	186 x 1074	186: Codajás – AM	1074: Itacoatiara – AM
51	215 x 624	215: Manacapuru – AM	624: Santarém – PA
56	186 x 1074	186: Codajás – AM	1074: Itacoatiara – AM
57	186 x 513	186: Codajás – AM	513: Oiapoque – AP
61	220 x 228	220: Manacapuru – AM	228: Manaus – AM
62	220 x 185	220: Manacapuru – AM	185: Codajás – AM
63	174 x 248	174: Coari –AM	248: Itacoatiara – AM
64	220 x 185	220: Manacapuru – AM	185: Codajás – AM
174	Primária	174: Coari –AM	-
215	Primária	215: Manacapuru – AM	-
1074	Primária	1074: Parintins - AM	-

Fonte: Embrapa Amazônia Oriental.

As mudas foram preparadas a partir de sementes de polinização aberta extraídas de frutos maduros, obtidos em pomar experimental da Embrapa Amazônia Oriental, localizado no município de Tomé Açu-PA. Dois frutos foram colhidos de cada um dos 16 genótipos. Cada fruto, produtor das sementes, foi caracterizado quanto: peso do fruto, da casca, polpa, sementes e fibra; comprimento e diâmetro do fruto; número de sementes normais e chochas. As sementes foram despulpadas manualmente, até a completa remoção da polpa e misturadas para compor uma média de 50 sementes/genótipo. A semeadura foi realizada em sementeira, pertencente a Embrapa, Belém-PA, contendo como substrato apenas serragem curtida (Figura 4). A variável analisada nessa fase foi a porcentagem de germinação, aos 26 dias após a semeadura, onde foi considerado três tipos de plântulas:

Plântulas normais - foram computadas e expressas em porcentagem às plântulas que obtiveram crescimento germinativo normal, ou seja, aquelas cujo hipocótilo se encontrava acima da superfície do substrato conforme as recomendações de Regras para Análises de Sementes (RAS) (BRASIL, 2009);

Plântulas anormais - foram computadas as plântulas com raiz primária atrofiada, defeituosa ou ausente e, hipocótilo retorcido ao longo do seu comprimento (Brasil, 2009);

Sementes mortas - Foram quantificadas sementes que se encontravam amolecidas (chochas) e/ou atacadas por microrganismos (BRASIL, 2009).

Para o cálculo da porcentagem de germinação (%G), utilizou-se o modelo proposto por Laboriau e Valadares (1976).

$$\%G = \frac{(Ni \times 100)}{Ns} \quad (1)$$

Onde:

Ni = número de plântulas normais

Ns = número de sementes semeadas

Figura 4– Visão geral da sementeira onde foi promovida a germinação de sementes de 16 progênies de cupuaçuzeiros, Belém, PA. 2015.



Fonte: Embrapa Amazônia Oriental, 2015.

Foto: Jardel Rodrigues, 2015.

3.4 Caracterização do substrato

O solo utilizado no experimento para o enchimento dos sacos de mudas foi oriundo de uma área de capoeira localizada na Embrapa Amazônia Oriental, Belém-PA. Esse solo, coletado na profundidade de 0 a 20 cm e classificado como Latossolo Amarelo distrófico, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2006). O substrato foi preparado com a mistura do solo, juntamente com esterco (cama de aviário) na proporção de 3:1, respectivamente. O substrato foi submetido a análise química de acordo com metodologia proposta por Raij et al. (2001). Os resultados dessas análises químicas e granulométricas estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Caracterização química e granulométrica do substrato antes da instalação do experimento.

Prof.	MO	N	pH	P	K	Na	Ca	Ca+Mg	Al	H+Al	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila total
(cm)	g kg ⁻¹	%	H ₂ O	mg dm ⁻³	-----cmolc dm ⁻³ -----					-----g kg ⁻¹ -----				
0-20	20,37	0,55	5,9	301	247	149	2,7	4,4	0,1	1,65	455	327	118	100

Fonte: Embrapa Amazônia Oriental (2015).

3.5 Tratamentos e delineamento experimental

Foi empregado o delineamento inteiramente casualizado, arranjados em esquema fatorial 16 x 2 perfazendo 32 tratamentos, considerando como fator A os 16 tratamentos (progênies), e como fator B os dois regimes hídricos (com deficiência hídrica e sem deficiência hídrica). Cada tratamento estava representado, inicialmente, por quatro repetições e, cada unidade amostral era composta por uma planta.

Figura 5 – Visão do experimento mostrando as mudas de cupuaçuzeiros no início da restrição hídrica. Belém, PA. 2015.



Fonte: Ronaldo Rosa, 2015.

3.6 Condução do experimento

Trinta dias após a semeadura, em estágio de ponto de palito, as plântulas foram repicadas da sementeira para os sacos plásticos, com dimensão de 20 x 45 cm, preenchidos com 8 kg/saco de substrato. Posteriormente as plântulas foram conduzidas e arrumadas em bancadas no interior da casa de vegetação, onde no primeiro mês permaneceram em processo de crescimento

e aclimação. As mudas foram numeradas e distribuídas de maneira aleatória nos tratamentos. A irrigação foi feita inicialmente por microaspersão, com vazão de 40 l/h, acionado diariamente durante 30 minutos, nos primeiros 60 dias de experimento. Após esse período, a irrigação foi feita manualmente, colocando, diariamente, 300 ml de água por muda, para manter a umidade do solo próximo a capacidade de campo.

Após o primeiro mês de aclimação iniciou-se as mensurações, a cada 10 dias. Foram mensuradas as variáveis indicadoras de crescimento das plantas em altura da parte aérea (do coleto até a gema apical da planta), com utilização de fita métrica; diâmetro do coleto (a 5 cm do solo), mensurado com paquímetro; contagem do número de folhas e mensuração do comprimento e largura de duas folhas/planta maduras e totalmente expandidas a partir do ápice do eixo ortotrópico. A área foliar média/planta foi multiplicada pelo número de folhas para determinar a área foliar total, a qual foi ajustada por um fator de correção, baseado no modelo proposto por Conceição et al. (1997), em que relacionou o produto do comprimento pela maior largura do limbo foliar de acordo com a equação:

$$y = [1,5959 + (0,6687C \times L)]Nf \quad (2)$$

No sexto mês as plantas foram submetidas a dois tipos de regimes hídricos: com restrição hídrica e sem restrição hídrica (controle). A irrigação foi suspensa por 45 dias nas plantas do tratamento com déficit hídrico, mantendo as plantas controles sob regime de irrigação com 300ml de água por planta.

Com base na biometria de altura, diâmetro do coleto, número de folhas e área foliar/planta, realizadas no início e final do experimento determinou-se o incremento obtido nas plantas estudadas, através de:

$$I_c = X_f - X_i \quad (3)$$

Onde:

I_c = Incremento

X_i = Variável após 180 de plantio (t_0 = início do déficit hídrico)

X_f = Variável após 225 dias de plantio (t_1 = 45 dias de déficit hídrico)

3.6.1 Variáveis de acúmulo de biomassa

Para a mensuração das variáveis de acúmulo de biomassa, um lote experimental completo (controle) foi sacrificado no início do experimento (tempo zero = 180 dias após o plantio). Repetiu-se a prática ao final do ensaio (225 dias após o plantio). A biomassa foi determinada separando em raiz, caule e folha, quatro repetições das progênes de cada tratamento e colocadas para secar em estufa a 70°C por 72 horas, tempo suficiente para atingir peso constante e, pesadas em balança semianalítica. A partir dos dados obtidos de massa seca total da planta (raiz + caule + folha) e sua respectiva área foliar total, foram determinados: Acúmulo de matéria seca (AMS), taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa assimilatória líquida (TAL) de cada progênie através das seguintes fórmulas (HUNT, 1990; MAGALHÃES, 1985):

$$AMS (g\ planta^{-1}) = (W_1 - W_0) \quad (4)$$

$$TCA (g\ d^{-1}) = \frac{(W_1 - W_0)}{(t_1 - t_0)} \quad (5)$$

$$TCR (g\ g^{-1}\ d^{-1}) = \frac{\ln W_1 - \ln W_0}{t_1 - t_0} \quad (6)$$

$$TAL (mg\ m^{-2}\ d^{-1}) = \frac{(W_1 - W_0)}{(S_1 - S_0)} \cdot \frac{(\ln S_1 - \ln S_0)}{(t_1 - t_0)} \quad (7)$$

Onde:

W_0 = biomassa total no tempo 180 dias após o plantio (t_0)

W_1 = biomassa total após 225 dias de plantio (t_1)

S_0 = área foliar total no tempo 180 dias após o plantio (t_0)

S_1 = área foliar total após 225 dias de plantio (t_1)

ln = Logaritmo Neperiano.

3.6.2 Parâmetros fisiológicos

A transpiração (E) e a condutância estomática (gs) foram determinados através de um analisador de gases por infravermelho portátil modelo LI-6200 (Li-Cor), utilizando-se uma folha totalmente expandida no terceiro nó a partir do ápice de cada planta, iniciando-se às nove

horas da manhã. As medidas foram realizadas nos tratamentos com déficit hídrico e sem déficit hídrico com 02, 15 e 45 dias do início do tratamento.

3.7 Análise estatística

Os resultados experimentais foram submetidos à análise de variância (ANOVA) seguida do teste de Tukey para comparação das médias ao nível de 5% de probabilidade. Utilizou-se também o teste t ($P < 0,01$) e análise de regressão. As análises estatísticas foram realizadas com o programa estatístico GENES, versão 2014.4.6.1 (CRUZ, 2013).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Germinação das sementes

4.1.1 Caracterização das sementes

As progênes apresentaram diferenças significativas a 5% de probabilidade, para as características das sementes avaliadas (Tabela 3). Em média a massa das sementes foi de aproximadamente 7,0 g, havendo uma progênie que apresentou mais de 9,0 g (215), e outras (57 e 174) que não atingiram 6,0 g. O Diâmetro Maior (DM) das sementes ficou em média em torno de 27,0 mm e o Diâmetro menor (Dm) em 22,0 mm, com espessura de 15,0 mm.

Tabela 3 - Média da massa (m), Diâmetro Maior (DM), Diâmetro Menor (Dm) e espessura (E) das sementes de 16 progênes de cupuaçuzeiros. Belém, PA. 2015.

Progênie	Procedência	m (g)		DM (mm)		Dm (mm)		E (mm)	
32	174 x 186	6,70	ab	28,00	abcd	22,65	abcd	13,30	c
42	186 x 434	6,99	ab	27,85	abcd	22,55	abcd	14,15	bc
44	186 x 434	6,34	ab	26,25	abcd	21,25	abcd	15,00	bc
46	186 x 215	7,07	ab	30,20	a	23,30	abc	13,65	c
47	186 x 1074	6,89	ab	24,40	bcd	21,10	abcd	17,35	abc
48	186 x 1074	6,27	ab	23,80	cd	19,50	d	15,65	abc
51	215 x 624	7,44	ab	30,75	a	24,15	a	14,25	bc
56	186 x 1074	6,48	ab	26,75	abcd	20,85	abcd	14,15	bc
57	186 x 513	5,68	b	24,20	cd	20,35	bcd	16,60	abc
61	220 x 228	8,15	ab	28,45	abcd	22,85	abcd	15,90	abc
62	220 x 185	7,33	ab	27,45	abcd	21,85	abcd	17,95	ab
63	174 x 248	7,00	ab	28,90	abc	21,40	abcd	15,70	abc
64	220 x 185	6,16	ab	26,70	abcd	20,75	abcd	13,70	c
174	Primária	5,71	b	23,10	d	20,05	cd	15,10	abc
215	Primária	9,19	a	29,70	ab	23,55	ab	19,10	a
1074	Primária	7,26	ab	30,00	a	21,85	abcd	13,85	bc
Média Geral		6,91		27,28		21,75		15,34	
Coeficiente de Variação %		11,91		4,86		3,90		11,02	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: Dados da Pesquisa.

4.1.2 Taxa de germinação

Observar-se na Tabela 4 que a taxa de germinação de plantas normais variou de 90,79% (46) a 100% (32, 47, 48, 174 e 215). A média de germinação foi de 96,75%. De acordo com Souza e Silva (1999) quando as sementes são extraídas adequadamente, sem perda de umidade, e semeadas em condições favoráveis, apresentam percentual de germinação acima de 90%. A porcentagem de plântulas anormais foi baixa, não superior a 4,62%, apresentando como média 1,19%, concordando com os resultados encontrados por Rocha e Cruz (2008) que estudaram a germinação de progênies de cupuaçuzeiros e encontraram baixos valores para a variável porcentagem de plântulas anormais. Já a porcentagem de sementes mortas variou do zero a 3,06, com média de 0,64%.

Tabela 4 - Plântulas normais germinadas (PNG), plântulas anormais (PA) e sementes mortas (SM), em experimento com 16 progênies de cupuaçuzeiros. Belém, PA. 2015.

Progênie	Procedência	PNG (%)	PA (%)	SM (%)
32	174 x 186	100,00	0,00	0,00
42	186 x 434	97,37	1,35	1,32
44	186 x 434	98,75	0,00	0,00
46	186 x 215	90,79	4,35	2,63
47	186 x 1074	100,00	0,00	0,00
48	186 x 1074	100,00	0,00	0,00
51	215 x 624	97,67	0,00	0,00
56	186 x 1074	96,39	0,00	0,00
57	186 x 513	96,61	1,75	0,00
61	220 x 228	96,15	0,00	0,00
62	220 x 185	93,44	0,00	0,00
63	174 x 248	96,43	3,70	1,79
64	220 x 185	92,86	3,30	3,06
174	Primária	100,00	0,00	0,00
215	Primária	100,00	0,00	0,00
1074	Primária	91,55	4,62	1,41
Média Geral		96,75	1,19	0,64

Fonte: Dados da pesquisa.

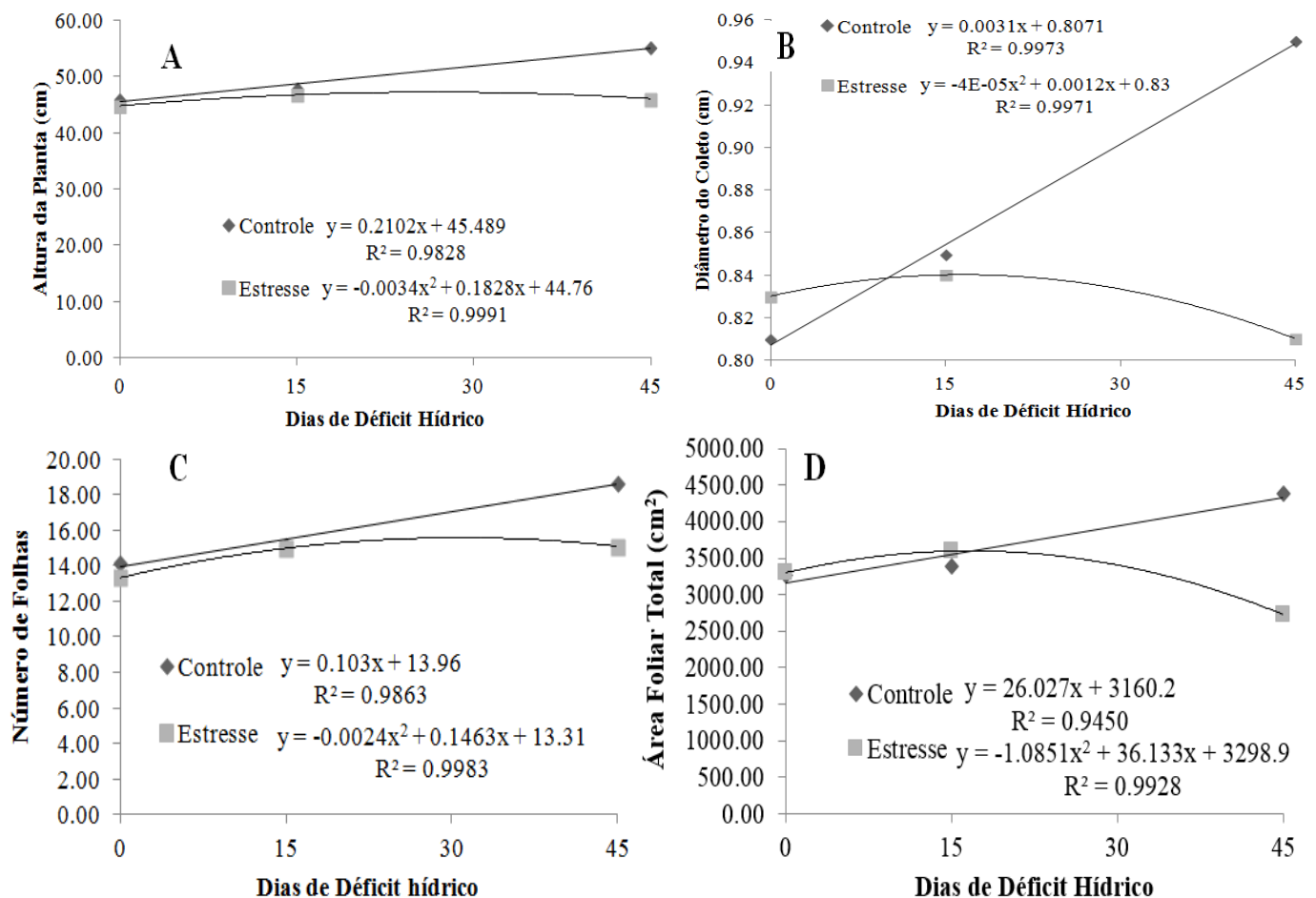
A massa das sementes não influenciou a porcentagem de germinação dessas progênies (Tabela 3 e 4). Segundo Lima (1997), sementes de melhor qualidade fisiológica estão associadas a sementes maiores, pois, quase sempre, apresentam maior emergência em campo e vigor inicial de plântulas, por isso, o tamanho da semente deve ser considerado com um atributo de qualidade. A contradição pode ser explicada provavelmente, porque todas as sementes, no

presente ensaio, foram selecionadas antes do semeio, sendo o tamanho e a massa uma característica intrínseca de cada genótipo.

4.2. Desenvolvimento vegetativo

Conforme demonstra a Figura 6, de um modo geral, as plantas submetidas ao efeito do déficit hídrico, comparadas as plantas controle, apresentaram declínio no desenvolvimento vegetativo, observado pelas variáveis: altura, diâmetro do coleto, número de folhas e área foliar total, indicando que a restrição hídrica afetou os mecanismos fisiológicos das plantas, prejudicando o metabolismo e ocasionando redução nessas variáveis, conforme já mencionara Taiz e Zeiger (2009) e Carvalho (2005) em seus estudos. Observou-se ainda que o maior declínio foi verificado para o diâmetro do coleto (Figura 5B).

Figura 6 – Efeito da evolução do déficit hídrico na altura da planta (A), diâmetro do coleto (B), número de folhas (C) e área foliar total (D) de 16 progênies de cupuaçuzeiros submetidas a dois regimes hídricos (controle e déficit) por até 45 dias. Belém, PA. 2015.



Fonte: Dados da Pesquisa.

As medidas do desenvolvimento vegetativo, realizadas no início (tempo 0) e final (45 dias) do experimento mostraram, como já era esperado, que as plantas com restrição hídrica tiveram crescimento lento e abaixo do crescimento das plantas controle, com pequenas diferenças de desenvolvimento entre as progênies (Tabelas 5, 6 e 7).

À medida que o efeito do déficit se tornou mais intenso, a diferença entre os dois tratamentos ficou mais pronunciado para todas as variáveis, notadamente a partir do 15 dia.

No início do ensaio (Tabela 5), antes da restrição hídrica, não havia diferença entre os dois conjuntos experimentais, indicando que o desenvolvimento das plantas era semelhante. Com o início da restrição hídrica as diferenças começaram a aparecer em todas as variáveis (Tabela 6). Porém, foi após 45 dias que essas diferenças ficaram mais acentuadas, o que levou até a morte de algumas plantas (Tabela 7). A altura atingiu média de 55,19 cm para as progênies controles e 46,04 cm (restrição hídrica). O diâmetro foi de 0,95 cm para as progênies controle e de 0,81 cm para as progênies com restrição hídrica. O número de folhas foi de 18,70 para as progênies controle e de 15,08 para as progênies com restrição hídrica, uma redução drástica que refletiu na área foliar total, sendo 4.385,8 cm² no controle e, apenas 2.727,4 cm² nas progênies com restrição hídrica, demonstrando que houve redução média em favor das progênies com déficit hídrico quando comparadas as progênies controle de 16,57% na altura, 14,73% no diâmetro, 19,35% para o número de folhas, e de 37,81% para a área foliar total.

Das variáveis estudadas, não foi possível detectar diferenças significativas estatisticamente entre as progênies submetidas ao déficit hídrico para o Diâmetro e Número de Folhas. Houve uma ligeira diferença na Área Foliar Total onde, as progênies 42, 174, 215 apresentaram menor desenvolvimento, enquanto a progênie 47 foi o destaque, apesar de não diferir de outras 10 progênies. Já a variável altura de planta conseguiu discriminar melhor os genótipos. As progênies 48 e 61 foram os destaques, mas não diferiram de outras 11 progênies, enquanto que a progênie 42 teve menor crescimento. Para o diâmetro as progênies 48 e 51 tiveram maior crescimento e as progênies 42, 63, e 215 menor crescimento. Para o número de folhas as progênies 48, 62 e 64 tiveram maior número, as progênies 57, 63 e 215 menor número. Observa-se que a progênie 46 teve maior número de folhas quando comparada a progênie controle.

Roza (2010), estudando pinhão manso, Peixoto (2006) estudando citros, também encontraram redução desses parâmetros em seus estudos.

Tabela 5 - Parâmetro da análise de crescimento em altura (Alt), diâmetro (Dia), número de folhas (NF) e área foliar total (AFT) de 16 progênies de cupuaçuzeiros submetidas a dois regimes hídricos (controle e déficit) no tempo 0 (zero). Belém, PA. 2015.

Progênie	Tratamento															
	Controle								Déficit							
	Alt (cm)		Dia (cm)		NF		AFT (cm ²)		Alt (cm)		Dia (cm)		NF		AFT (cm ²)	
32	51,00	ab	0,92	A	15,25	ab	3.079,57	a	38,25	abc	0,78	ab	11,50	bc	2.347,58	c
42	45,75	abcd	0,75	Ab	15,50	ab	3.742,00	a	35,75	bc	0,71	b	11,50	bc	2.738,00	bc
44	52,25	a	0,85	Ab	15,00	ab	3.255,41	a	44,75	abc	0,84	ab	14,25	abc	3.307,77	abc
46	39,75	bcd	0,78	Ab	11,75	c	2.053,81	b	47,25	abc	0,86	ab	14,25	abc	4.091,82	a
47	46,25	abcd	0,85	Ab	14,50	abc	3.659,16	a	50,75	a	0,91	a	13,00	abc	3.618,44	abc
48	49,25	abc	0,89	Ab	16,25	a	3.477,62	a	51,25	a	0,85	ab	15,00	ab	3.293,47	abc
51	42,75	abcd	0,77	Ab	13,50	abc	3.540,66	a	49,75	ab	0,88	a	13,50	abc	3.488,02	abc
56	51,50	ab	0,84	Ab	14,00	abc	3.124,90	a	45,25	abc	0,84	ab	12,75	abc	3.629,89	abc
57	38,25	cd	0,70	B	13,50	abc	2.906,28	ab	50,38	a	0,81	ab	13,50	abc	3.380,13	abc
61	48,50	abcd	0,85	Abc	14,75	abc	3.230,25	a	48,75	abc	0,88	a	13,25	abc	3.967,31	ab
62	49,75	abc	0,83	Ab	14,50	abc	3.660,27	a	43,00	abc	0,85	ab c	16,50	a	3.233,92	abc
63	48,00	abcd	0,72	Ab	13,25	abc	3.596,60	a	45,25	abc	0,87	a	13,75	abc	3.575,21	abc
64	38,50	cd	0,73	Ab	14,25	abc	3.058,08	a	35,50	c	0,71	b	12,25	bc	3.031,96	abc
174	51,00	ab	0,85	Ab	13,25	abc	3.571,93	a	49,00	abc	0,86	ab	13,50	abc	3.321,98	abc
215	46,25	abcd	0,87	Ab	14,75	abc	3.477,31	a	39,25	abc	0,76	ab	11,00	c	2.589,71	c
1074	36,75	d	0,68	B	12,75	bc	2.869,85	ab	42,00	abc	0,80	ab	13,50	abc	3.166,61	abc
Média	45,97		0,81		14,17		3.268,98		44,76		0,83		13,31		3.298,86	
C.V (%)	18,38		10,4 8		15,39		21,03		18,56		10,8 6		16,84		23,97	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Tabela 6 - Parâmetro da análise de crescimento em altura (Alt), diâmetro (Dia), número de folhas (NF) e área foliar total (AFT) de 16 progênies de cupuaçuzeiros submetidas a dois regimes hídricos (controle e déficit) por 15 dias. Belém, PA. 2015.

Progênie	Tratamento							
	Controle				Déficit			
	Alt (cm)	Dia (cm)	NF	AFT (cm ²)	Alt (cm)	Dia (cm)	NF	AFT (cm ²)
32	51,25 abcd	0,97 a	16,00 ab	3.562,83 a	41,25 ab	0,82 ab	13,00 b	2.662,97 c
42	47,00 abcd	0,80 cde	16,25 a	3.622,73 a	37,75 b	0,74 b	13,25 b	2.927,73 bc
44	55,38 a	0,90 abc	16,00 ab	3.617,08 a	45,75 ab	0,83 ab	14,50 ab	3.333,60 abc
46	42,50 abcd	0,82 bcde	12,25 b	2.263,39 b	47,00 ab	0,87 a	14,25 ab	3.588,27 abc
47	49,63 abcd	0,87 abcd	17,00 a	3.825,27 a	52,75 a	0,87 a	15,25 ab	4.167,52 a
48	50,50 abcd	0,96 ab	17,00 a	3.898,73 a	51,75 a	0,88 a	17,25 a	3.906,12 ab
51	45,13 abcd	0,82 bcde	14,25 ab	3.279,81 ab	51,38 a	0,89 a	14,50 ab	3.601,42 abc
56	53,50 ab	0,89 abc	15,50 ab	3.708,47 a	47,50 ab	0,87 a	16,50 ab	4.362,69 a
57	39,63 cd	0,74 de	14,50 ab	2.784,85 ab	52,00 a	0,82 ab	15,25 ab	3.895,59 ab
61	52,75 abc	0,89 abc	16,50 a	3.649,41 a	50,25 a	0,89 a	15,50 ab	3.501,82 abc
62	52,00 abcd	0,86 abcde	15,50 ab	3.743,47 a	46,63 ab	0,84 ab	17,50 a	3.551,43 abc
63	48,25 abcd	0,77 cde	13,75 ab	3.400,92 a	49,00 ab	0,89 a	14,75 ab	3.989,30 ab
64	40,00 bcd	0,76 cde	15,25 ab	3.109,61 ab	37,50 b	0,78 ab	15,00 ab	3.548,01 abc
174	52,63 abc	0,88 abc	13,75 ab	3.319,45 ab	51,88 a	0,85 ab	15,50 ab	3.291,55 abc
215	47,75 abcd	0,90 abc	15,75 ab	3.533,67 a	41,75 ab	0,80 ab	12,75 b	3.152,25 abc
1074	38,88 d	0,71 e	13,75 ab	2.879,43 ab	43,50 ab	0,81 ab	14,75 ab	4.066,87 ab
Média	47,92	0,85	15,19	3.387,44	46,73	0,84	14,97	3.596,70
C.V (%)	16,79	10,27	15,19	19,41	17,30	9,82	18,61	24,04

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Tabela 7 - Parâmetro da análise de crescimento em altura (Alt), diâmetro (Dia), número de folhas (NF) e área foliar total (AFT) de 16 progênies de cupuaçuzeiros submetidas a dois regimes hídricos (controle e déficit) por 45 dias. Belém, PA. 2015.

Progênie	Tratamento							
	Controle				Déficit			
	Alt (cm)	Dia (cm)	NF	AFT (cm ²)	Alt (cm)	Dia (cm)	NF	AFT (cm ²)
32	55,75 abc	1,07 A	21,00 abc	5.332,50 ab	39,75 bcd	0,77 a	14,75 a	2.510,99 ab
42	52,75 abc	0,90 bcde	20,25 abc	4.546,79 ab	38,25 d	0,75 a	14,00 a	2.384,75 b
44	64,13 a	1,04 ab	23,25 a	5.786,51 a	41,13 abcd	0,81 a	15,00 a	2.697,40 ab
46	51,00 abc	0,89 bcde	13,50 c	3.036,97 b	49,25 abc	0,82 a	14,75 a	2.645,67 ab
47	57,00 abc	0,97 abcde	20,75 abc	4.365,85 ab	50,50 ab	0,82 a	16,00 a	3.419,63 a
48	53,75 abc	1,07 A	20,00 abc	4.013,80 ab	51,00 a	0,87 a	17,25 a	2.959,08 ab
51	54,25 abc	0,93 abcde	16,25 abc	3.998,51 ab	47,75 abcd	0,85 a	14,25 a	2.765,79 ab
56	63,00 a	1,04 ab	17,75 abc	5.557,23 a	48,00 abcd	0,84 a	15,75 a	3.151,85 ab
57	43,38 c	0,84 de	17,00 abc	3.078,60 b	49,25 abc	0,81 a	13,50 a	2.514,65 ab
61	60,75 ab	0,96 abcde	22,25 ab	4.998,58 ab	51,00 a	0,77 a	15,75 a	2.810,15 ab
62	60,50 ab	0,95 abcde	18,50 abc	5.039,13 ab	50,25 ab	0,84 a	18,25 a	2.955,44 ab
63	56,00 abc	0,89 bcde	15,00 bc	3.829,70 ab	46,75 abcd	0,75 a	13,00 a	2.604,58 ab
64	45,50 c	0,86 cde	21,00 abc	4.162,41 ab	38,50 cd	0,82 a	17,25 a	2.889,68 ab
174	62,50 ab	1,01 abc	18,00 abc	4.085,69 ab	50,50 ab	0,84 a	14,25 a	2.394,22 b
215	54,75 abc	0,98 abcd	18,00 abc	4.150,05 ab	41,25 abcd	0,75 a	12,75 a	2.262,30 b
1074	48,00 bc	0,82 E	16,75 abc	4.190,50 ab	43,50 abcd	0,81 a	14,75 a	2.672,77 ab
Média	55,19	0,95	18,70	4.385,80	46,04	0,81	15,08	2.727,43
C.V (%)	15,98	9,89	24,18	30,72	16,46	11,34	21,51	24,64

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Conforme demonstra a Tabela 8, em relação ao tempo zero correspondente ao início do tratamento, de um modo geral, as progênies submetidas ao déficit hídrico tiveram incremento no desenvolvimento, muito inferior às progênies controle, para as variáveis estudadas. As progênies 44, 47, 48, 51, e 57 diminuíram de altura até o final do ensaio. Sendo que as progênies

44, 51 e 57 foram as que mais decresceram, enquanto que as progênies 61, 62 e 64 as que menos decresceram. Para o diâmetro do coleto, com exceção das progênies 42, 48, 56, 64, e 1074, todas as demais progênies tiveram decréscimo nos valores dessa variável. Para número de folhas apenas a progênie 63 demonstrou decréscimo, enquanto que a progênie 64 foi a que menos decresceu. Porém, para a área foliar total, com exceção da progênie 32, as demais tiveram redução de área, com destaque para a progênie 46 com maior decréscimo. Dentre todas as variáveis estudadas verificou-se que o déficit provocou uma redução significativa no diâmetro do coleto e da área foliar das plantas. A redução da área foliar implica em baixa assimilação de CO₂ causando limitações no desenvolvimento das plantas.

Observando a média dos parâmetros estudados e comparando os dois tratamentos verifica-se que as progênies submetidas ao déficit hídrico obtiveram acentuado decréscimo, resultando diferenças significativas de redução onde para altura foi de 86,11%, 113,33% para o diâmetro, 60,04%, para o número de folhas, 113,02% para área foliar total. Resultado similar foram encontrados nos estudos com *Hevea brasiliensis* (CONFORTO, 2008), *Myracrodruon urundeuva* (FIGUERÔA et al., 2004) e em *Azadirachta indica* (MARTINS, 2008). A redução da área foliar está relacionada com a turgidez, uma defesa da planta devido a diminuição de água no solo, as células se contraem diminuindo pressão de turgidez contra as paredes celulares, e, por conseguinte diminuindo a expansão foliar, ocasionando lentidão no crescimento, conforme já mencionara Taiz e Zeiger, (2009).

Tabela 8 - Incremento em altura (Alt), diâmetro (Dia), número de folhas (NF) e área foliar total (AFT) de 16 progênies de cupuaçuzeiros submetidas a dois regimes hídricos (controle e déficit) por 45 dias. Belém, PA. 2015.

Progênie	Tratamento							
	Controle				Déficit			
	Alt (cm)	Dia (cm)	NF	AFT (cm ²)	Alt (cm)	Dia (cm)	NF	AFT (cm ²)
32	4,75 bA	0,15 abA	5,75 abA	5.332,50 abA	1,50 abA	-0,01 abB	3,25 abA	163,41 ab
42	7,00 abA	0,15 abA	4,75 abA	4.546,79 abA	2,50 abB	0,04 abB	2,50 abA	-353,25 abcB
44	11,88 aA	0,19 abA	8,25 aA	5.786,51 aA	-3,63 bB	-0,03 abB	0,75 abB	-610,38 abcB
46	11,25 aA	0,10 bA	1,75 bA	3.036,97 bA	2,00 abB	-0,04 abB	0,50 abA	-1.446,15 cB
47	10,75 aA	0,11 bA	6,25 abA	4.365,85 abA	-0,25 abB	-0,09 bB	3,00 abB	-198,81 abcB
48	4,50 bA	0,18 abA	3,75 abA	4.013,80 abA	-0,25 abB	0,03 abB	225 abA	-334,38 abcB
51	11,50 aA	0,16 abA	2,75 abA	3.998,51 abA	-2,00 bB	-0,03 abB	0,75 abA	-722,23 abcB
56	11,50 aA	0,21 aA	3,75 abA	5.557,23 aA	2,75 abB	0,01 abB	3,00 abA	-478,03 abcB
57	5,13 bA	0,14 abA	3,50 abA	3.078,60 bA	-1,13 abB	-0,01 abB	0,75 abB	-865,48 abcB
61	12,25 aA	0,11 bA	7,50 abA	4.998,58 abA	2,25 abB	-0,10 bB	2,50 abB	-1.157,16 bcB
62	10,75 aA	0,11 bA	4,00 abA	5.039,13 abA	7,25 aA	-0,02 abB	1,75 abB	-278,49 abcB
63	8,00 abA	0,17 abA	1,75 bA	3.829,70 abA	1,50 abB	-0,12 bB	-0,75 bB	-970,63 abcB
64	7,00 abA	0,13 abA	6,75 abA	4.162,41 abA	3,00 abA	0,11 aA	5,00 aA	-142,29 abB
174	11,50 aA	0,15 abA	4,75 abA	4.085,69 abA	1,50 abB	-0,02 abB	0,75 abB	-927,76 abcB
215	8,50 abA	0,12 abA	3,25 abA	4.150,05 abA	2,00 abB	-0,01 abB	1,75 abA	-327,42 abcB
1074	11,25 aA	0,14 abA	4,00 abA	4.190,50 abA	1,50 abB	0,01 abB	1,25 abB	-493,85 abcB
Média	9,22	0,15	4,53	4.385,80	1,28	-0,02	1,81	-571,43
C.V (%)	22,85	17,49	25,45	30,72	26,87	29,89	30,91	28,97

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: Fonte: Dados da Pesquisa.

A análise de biomassa no tempo 0 (início) de um modo geral mostra que as progênies estavam com bom equilíbrio de massa seca nas partes estudadas, indicando que o meio

ambiente não estava influenciando na atividade metabólica (Tabela 9). Vale aqui ressaltar o comprimento das raízes nessa etapa, 180 dias após a repicagem, que apresentavam média de 25,0 cm, com uma variação de 31,6 cm (progênie 47) até 20,5 (Progênie 215 e 46). Isso se reflete de importância no tamanho que deve ter o saco para produção de mudas, pois estas irão passar, muitas vezes, até 12 meses no viveiro antes de serem levadas ao campo.

Tabela 9 - Biomassa de matéria fresca (MF), biomassa de matéria seca (MS) e comprimento de raiz (CR) de 16 progênies de cupuaçuzeiros no início do tratamento (t=0). Belém, PA. 2015.

Progênie	Folha		Caule		Raiz		CR (cm)
	MF (g)	MS (g)	MF (g)	MS (g)	MF (g)	MS (g)	
32	26,42 ab	10,36 a	16,82 ab	5,32 ab	13,53 ab	4,28 abc	28,38 ab
42	20,04 abc	8,06 ab	13,52 abc	4,56 ab	10,60 abc	3,35 abc	24,13 ab
44	16,63 abc	6,85 ab	11,88 bc	3,64 ab	9,11 abc	2,55 abc	21,75 b
46	14,73 c	5,57 b	8,80 c	2,76 b	6,46 bc	2,17 bc	20,63 b
47	27,82 a	10,83 a	19,41 a	5,97 a	14,69 a	4,37 ab	31,63 a
48	22,46 abc	9,03 ab	14,75 abc	4,52 ab	10,84 abc	3,53 abc	23,50 b
51	22,74 abc	9,14 ab	13,90 abc	4,22 ab	12,35 abc	4,54 a	26,25 ab
56	22,64 abc	9,06 ab	11,93 bc	3,61 ab	10,01 abc	3,10 abc	22,88 b
57	18,52 abc	7,37 ab	11,31 bc	3,44 ab	10,35 abc	3,03 abc	25,50 ab
61	22,03 abc	8,95 ab	13,65 abc	4,19 ab	9,95 abc	3,06 abc	26,00 ab
62	18,39 abc	7,43 ab	10,71 bc	3,53 ab	8,11 abc	2,75 abc	28,00 ab
63	21,08 abc	7,98 ab	13,70 abc	3,65 ab	11,27 abc	2,84 abc	26,25 ab
64	15,17 bc	5,62 b	8,38 c	2,53 b	6,58 bc	2,05 c	22,25 b
174	19,40 abc	8,06 ab	13,32 abc	4,14 ab	7,78 abc	2,43 abc	25,63 ab
215	15,55 bc	6,82 ab	13,33 abc	5,23 ab	5,51 c	2,18 bc	20,50 b
1074	17,20 abc	6,93 ab	12,01 bc	3,76 ab	11,10 abc	3,76 abc	27,13 ab
Média	20,05	8,00	12,96	4,07	9,89	3,12	25,02
C.V (%)	33,74	32,63	32,63	36,63	40,24	38,48	14,63

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: Dados da Pesquisa.

As análises de biomassa no final do ensaio demonstram que as progênies submetidas a restrição hídrica tiveram redução para as variáveis: biomassa fresca e biomassa seca, para os componentes folha, caule e raiz, quando comparadas ao controle (Tabela 10). A biomassa é o principal determinante da respiração e da área foliar para a fotossíntese (BLANCH et al., 1999), a redução na biomassa caracteriza uso ineficiente de produção de energia ocasionando a perda de material acumulado. A variação da biomassa seca é mais utilizada, pois determina o ganho

ou a perda de material acumulado na formação de um órgão, ou da planta toda, sem levar em consideração o conteúdo de água da planta (LUCCHESI, 1984).

Observa-se que após 45 dias do início da restrição hídrica, a média de biomassa seca nas folhas das plantas controle foi de 15,14 g, enquanto que nas plantas com déficit hídrico foi de 9,57 g. As progênies 32, 46, 47, 56, 57, 62 e 64 não apresentaram diferenças estatísticas em relação ao controle (Tabela 10).

Para a biomassa seca do caule a média foi de 9,01g nas plantas controle e de 7, 24g nas plantas com déficit hídrico. As progênies 47, 48, 57 e 61 foram as únicas a acusar diferenças entre progênies. Nas demais, não houve diferenças quando comparadas as plantas controle (Tabela 10). Decréscimo da massa seca sob condições de déficit hídrico também foi observado por Paim (2002), em aroeira-do-sertão (*Myracroguon urundeuva*) Fr. AII.

A biomassa seca da raiz teve média de 5,39 g para as plantas controle e de 4,34 para as plantas com déficit hídrico (Tabela 10). Os valores dessa variável ficaram muito próximos entre os das plantas com restrição hídrica e os das plantas controle. Somente houve diferença entre plantas da progênie 47. Observa-se ainda que, para o componente comprimento da raiz, as progênies 42 e 44 as plantas do controle tiveram raízes maiores que as com restrição hídrica, com as progênies 47 e 57 aconteceu o contrário, demonstrando significância estatisticamente. E para outras 08 progênies com restrição hídrica não houve diferenças significativas estatisticamente quando comparadas as plantas controle, do mesmo modo não houve diferenças significativas estatisticamente entre 04 progênies controle quando comparadas as progênies com déficit hídrico. Isso indica que em condições de déficit hídrico, as plantas alongam suas raízes em profundidade para absorver água e suprir sua necessidade; nessas condições as raízes retêm maior quantidade de carbono para se desenvolver, permitindo um melhor equilíbrio para a condição de estresse (BROUWER, 1962; HOOGENBOMM et al., 1987).

Tabela 10 - Biomassa de matéria fresca (MF), biomassa de matéria seca (MS) e comprimento de raiz (CR) de 16 progênes de cupuaçuzeiros submetidas a dois regimes hídricos (controle e déficit) ao final do experimento (t=45 dias). Belém, PA. 2015.

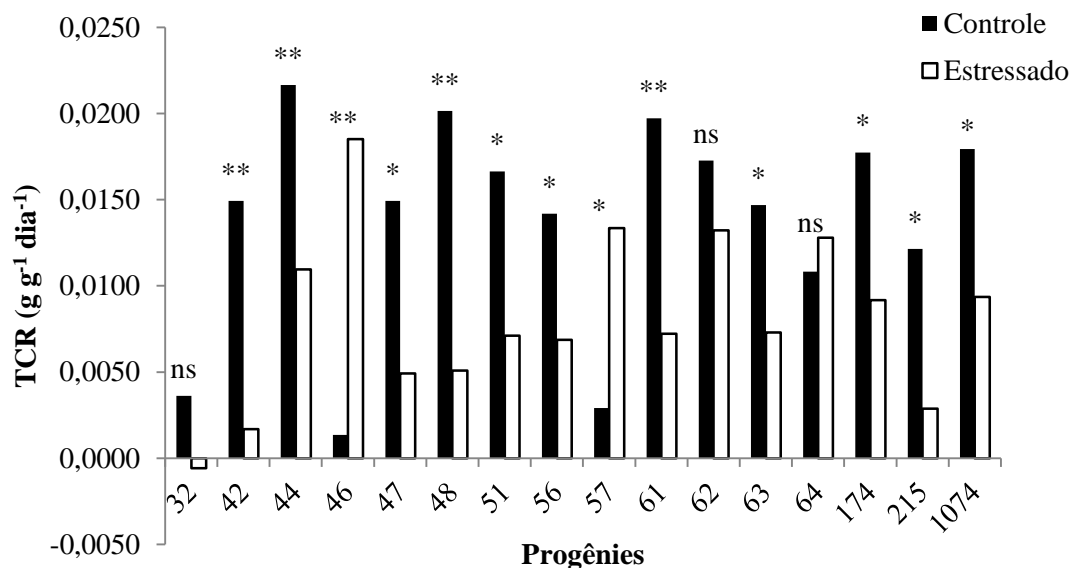
Progênie	Tratamento	Folha		Caulo		Raiz		CR (cm)
		MF (g)	MS (g)	MF (g)	MS (g)	MF (g)	MS (g)	
32	Controle	29,59 A	12,45 a	20,24 a	6,31 a	12,31 a	4,06 a	29,25 a
	Déficit	11,02 B	8,69 a	10,42 b	6,76 a	12,19 a	4,43 a	31,50 a
42	Controle	36,72 A	15,66 a	29,19 a	9,26 a	17,02 a	5,59 a	32,50 a
	Déficit	14,48 B	6,36 b	13,38 b	6,92 a	10,99 b	3,74 a	28,00 b
44	Controle	47,01 A	18,84 a	36,79 a	9,27 a	24,98 a	6,71 a	30,25 a
	Déficit	12,48 B	8,53 b	12,89 b	8,28 a	10,28 b	4,50 a	26,75 b
46	Controle	14,92 A	6,82 a	10,54 a	3,27 a	5,23 b	1,69 a	22,75 a
	Déficit	15,81 A	8,18 a	12,28 a	8,05 a	13,22 a	4,13 a	26,75 a
47	Controle	43,20 A	17,98 a	32,43 a	14,53 a	21,48 a	8,22 a	26,75 b
	Déficit	13,38 B	12,04 a	10,25 b	7,60 b	10,95 B	3,95 b	32,00 a
48	Controle	49,55 A	20,95 a	43,21 a	13,45 a	28,10 A	7,80 a	27,75 a
	Déficit	13,31 B	10,48 b	14,06 b	7,38 b	11,85 B	4,85 a	25,75 a
51	Controle	43,98 A	18,85 a	36,47 a	11,58 a	23,34 a	7,13 a	28,75 a
	Déficit	12,90 A	10,54 b	11,96 b	7,31 a	16,14 b	6,04 a	29,25 a
56	Controle	37,58 A	16,47 a	25,78 a	9,17 a	19,03 a	5,98 a	26,50 a
	Déficit	12,54 B	11,03 a	10,43 b	6,51 a	10,91 b	3,73 a	28,00 a
57	Controle	19,00 A	8,33 a	13,27 a	3,95 b	7,72 b	2,31 a	20,00 b
	Déficit	12,44 A	8,79 a	13,82 a	8,83 a	13,67 a	5,73 a	29,00 a
61	Controle	35,68 A	17,24 a	30,27 a	13,28 a	18,32 a	7,03 a	24,00 a
	Déficit	15,40 B	11,01 b	9,60 b	6,96 b	11,20 b	4,37 a	28,25 a
62	Controle	34,83 A	16,25 a	21,04 a	7,87 a	16,73 a	5,44 a	23,75 a
	Déficit	13,15 B	11,30 a	10,42 b	7,80 a	12,19 a	5,46 a	25,25 a
63	Controle	34,95 A	16,19 a	25,88 a	9,86 a	13,30 a	4,81 a	27,25 a
	Déficit	10,90 B	9,31 b	8,98 b	6,39 a	12,17 a	3,92 a	24,25 a
64	Controle	22,35 A	9,84 a	14,19 a	4,62 a	8,33 a	2,25 a	22,00 a
	Déficit	14,21 B	8,30 a	11,27 a	6,78 a	6,88 a	3,06 a	24,75 a
174	Controle	41,04 A	17,42 a	34,96 a	11,56 a	22,51 a	6,11 a	24,75 a
	Déficit	12,54 B	9,15 b	14,79 b	8,07 a	9,83 b	4,01 a	26,50 a
215	Controle	32,76 A	13,60 a	20,62 a	6,42 a	13,73 a	4,67 a	28,88 a
	Déficit	10,74 B	6,62 b	10,42 b	5,09 a	9,28 a	2,85 a	26,13 a
1074	Controle	37,85 A	15,37 a	28,19 a	9,83 a	23,10 a	6,44 a	27,50 a
	Déficit	13,70 B	8,84 b	11,91 b	7,18 a	9,95 b	4,71 a	26,50 a
Média Controle		35,06	15,14	26,44	9,01	17,20	5,39	26,41
Média Déficit		13,06	9,57	11,68	7,24	11,36	4,34	27,41
C.V (%) Controle		32,15	33,46	36,27	4,70	42,80	43,60	17,40
C.V (%) Déficit		27,09	36,57	35,54	31,46	26,30	34,31	11,99

Médias seguidas de mesma letra, entre os tratamentos, não diferem estatisticamente entre si, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: Dados da Pesquisa.

A taxa de crescimento relativo (TCR) é apropriada para avaliação do crescimento vegetal, a qual depende da quantidade de material acumulado gradativamente. A TCR expressa o incremento na massa de matéria seca, por unidade de peso inicial, em um intervalo de tempo (Reis e Muller, 1979). Conforme Figura 7, as progênes com restrição hídrica apresentaram crescimento inferior às plantas controles, exceção das progênes 46 e 57, indicando que no geral o déficit hídrico influenciou sensivelmente no acúmulo de matéria seca. Houve variação de acúmulo de matéria seca entre as progênes com déficit hídrico, destas a 46 e 57 se destacaram. As progênes 32, 62, e 64 tiveram idêntico comportamento nos dois ambientes e as demais tiveram redução quando submetidas à restrição hídrica, e foram as que menos acumularam matéria seca, quando comparadas com as plantas controles.

Figura 7 - Taxa de crescimento relativo (TCR) de 16 progênes de cupuaçuzeiros submetidas a dois regimes hídricos (controle e déficit) por 45 dias. Belém, PA. 2015. Valores médios de quatro repetições. (⊥) Erro-padrão da média. Teste - t ** (P<0,01), * (P<0,05), ns (não-significativo).

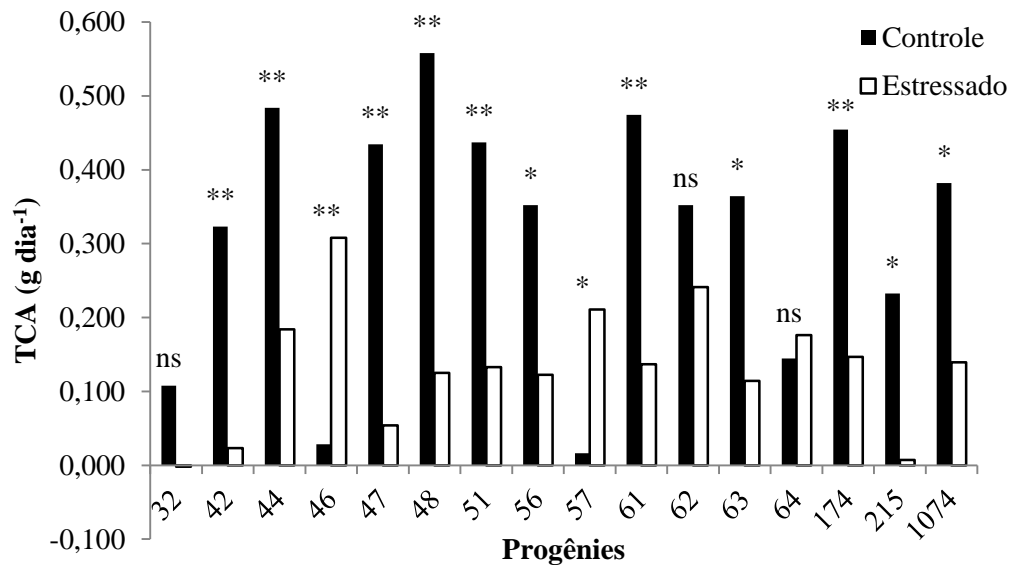


Fonte: Dados da pesquisa.

Para Reis e Muller (1979), taxa de crescimento absoluto (TCA) é a variação ou incremento entre duas amostras ao longo de um determinado período de tempo. É uma medida que pode ser usada para se ter ideia da velocidade média de crescimento ao longo do período de observação. Nota-se na Figura 8 que as plantas com restrição hídrica tiveram crescimento abaixo das plantas controles. As progênes com déficit hídrico 46 e 57 tiveram melhor taxa de crescimento absoluto, quando se compara com os controles, repetindo assim comportamento similar ao apresentado para a taxa de crescimento relativo. As progênes 32, 62, e 64 tiveram comportamento similar nos dois tratamentos, não evidenciando perdas significativas, mesmo

em condições de déficit hídrico. As outras 11 progênes restantes tiveram prejudicadas suas taxas de crescimento absoluto, quando submetidas à falta de irrigação (Figura 8).

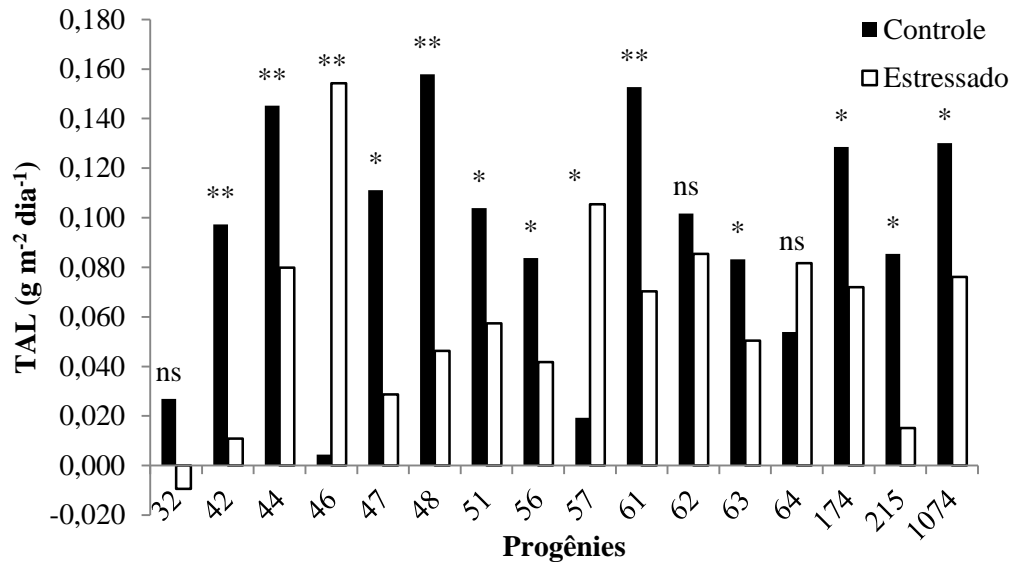
Figura 8 - Taxa de crescimento absoluto (TCA) de 16 progênes de cupuaçuzeiros submetidas a dois regimes hídricos (controle e déficit) por 45 dias. Belém, PA. 2015. Valores médios de quatro repetições. (T) Erro-padrão da média. Teste - t ** ($P < 0,01$), * ($P < 0,05$), ns (não-significativo).



Fonte: Dados da pesquisa.

A taxa assimilatória líquida (TAL) representa o incremento de massa de matéria seca por unidade de área foliar existente na planta (West et. al., 1920). Além das folhas outros órgãos fotossintéticos podem ser levados em consideração para o cálculo da TAL que reflete a capacidade da planta em aumentar sua fitomassa em função de sua superfície assimilatória, em determinado intervalo de tempo. Assim este processo relaciona-se com a eficiência da planta em realizar fotossíntese. A Figura 9 demonstra que a progênes 46 e 57 obtiveram taxas assimilatórias superiores as das plantas controles. Não houve diferença no comportamento das progênes 32, 62 e 64. Isso é um indicativo preliminar que essas progênes têm capacidade de vegetar bem em condições de déficit hídrico passageiro. As outras 11 progênes foram sensíveis ao déficit hídrico, que refletiu na taxa assimilatória líquida menor que os controles (Figura 9). Esta diferença na taxa assimilatória justifica-se pela menor área foliar das progênes com restrição hídrica em relação às plantas controle, conforme demonstrada na Tabela 7.

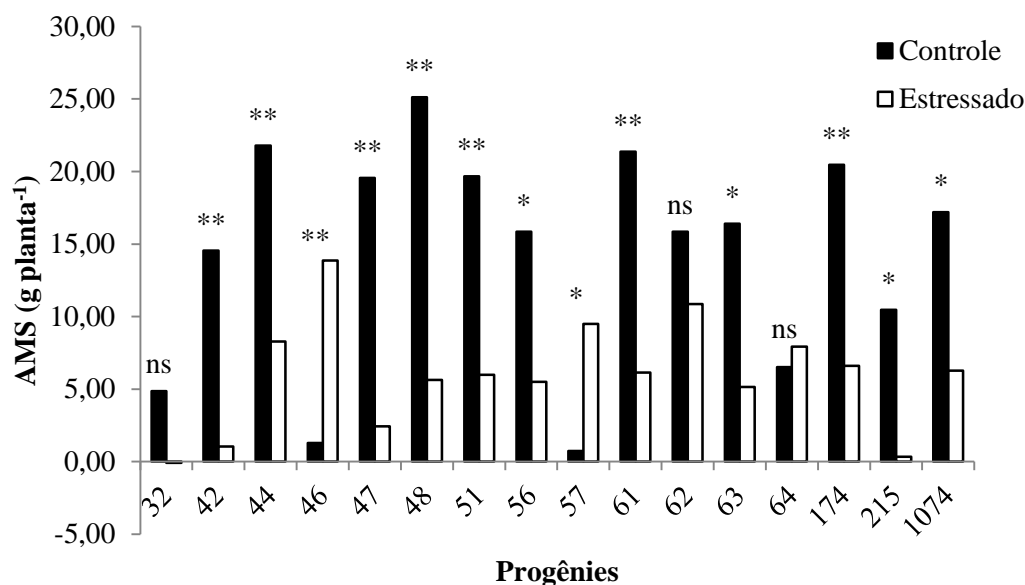
Figura 9 - Taxa assimilatória líquida (TAL) de 16 progênies de cupuaçuzeiros submetidas a dois regimes hídricos (controle e déficit) por 45 dias. Belém, PA, 2015. Valores médios de quatro repetições. (T) Erro-padrão da média. Teste - t ** (P<0,01), * (P<0,05), ns (não-significativo).



Fonte: Dados da pesquisa.

O acúmulo de matéria seca (AMS) é um parâmetro considerado mais importante em fisiologia da produção. Representa a quantidade total de matéria seca acumulada por unidade de área de solo ou outro substrato em um determinado tempo. A taxa de crescimento da cultura ou a taxa de produção de fitomassa de uma comunidade vegetal avalia a produtividade primária líquida, constituindo o somatório das taxas de crescimento dos diversos componentes das plantas (REIS; MULLER, 1978). Nota-se que para este parâmetro foram destaque as progênies 46 e 57 que obtiveram acúmulo de matéria seca superior às plantas controles (Figura 10). Isto se justifica pelo melhor desempenho na taxa assimilatória líquida (TAL) conforme foi demonstrada na Figura 9. As progênies 32, 62 e 64 não diferiram de comportamento nos dois ambientes, indicando algum nível de tolerância a restrição hídrica. As outras 11 progênies submetidas a restrição hídrica tiveram menor acúmulo de matéria seca, demonstrando que o regime hídrico foi determinante neste processo.

Figura 10 - Acúmulo de matéria seca total (AMS) de 16 progênes de cupuaçuzeiros submetidas a dois regimes hídricos (controle e déficit) por 45 dias. Belém, PA. 2015. Valores médios de quatro repetições. (T) Erro-padrão da média. Teste - t ** (P<0,01), * (P<0,05), ns (não-significativo).



Fonte: Dados da pesquisa.

4.3 Variáveis fisiológicas

A transpiração está relacionada com a atividade dos estômatos, submetidos em diferentes situações ambientais. O fechamento parcial dos estômatos das plantas submetidas à deficiência hídrica promove a diminuição da perda de água por transpiração (SCHULZE, 1986; KOZLOWSKY e PALLARDY, 1996). Observa-se na Tabela 11 e comparando os dois regimes que no segundo dia de iniciada a restrição hídrica, as progênes acusaram redução de 13% na taxa transpiratória média em relação as plantas controles. Aos 15 dias essa redução já era de 76,3%, avançou para 76,9% no final do experimento. Há uma variação no comportamento das progênes estudadas com relação à taxa transpiratória foliar. Aos 45 dias verifica-se que as progênes 42, 47, 48, 57, 62, 63, 215 e 1074, obtiveram redução na taxa transpiratória inferiores as obtidas aos 15 dias. Porém essa redução não foi significante. Este fato pode ser explicado por variações ambientais, temperatura e umidade, no ambiente de estudo por ocasião da coleta dos dados. Oliveira et al. (2002) estudando pupunheira também encontraram redução destes parâmetros.

As progênes 51, 62 e 63 foram as que tiveram as maiores taxas de redução transpiratória foliar no final do ensaio, comparado com o início do tratamento, indicando que são bastante

sensíveis ao déficit hídrico. A progênie 51 foi a que atingiu a maior taxa de redução com 85.64%.

Tabela 11 - Valores médios da taxa transpiratória foliar ($\mu\text{g cm}^{-2} \text{s}^{-1}$) de 16 progênies de cupuaçuzeiros submetidas a dois regimes hídricos (controle e déficit) por 45 dias. Belém, PA, 2015.

Progênie	Tratamento	Tempo (dias)			% de redução (2 - 15 dias)	% de redução (2- 45 dias)
		2	15	45		
32	Controle	6,672 aA	6.236 aA	6.102 aA		
	Déficit	5,305 bA	1.619 bB	1.482 bB	69.49	72.07
	% redução	20,48	74.05	75.72		
42	Controle	7,435 aA	7.200 aA	6.724 aA		
	Déficit	4,946 bA	1.540 bB	1.692 bB	68.87	65.79
	% redução	33,47	78.61	74.83		
44	Controle	6,686 aB	8.296 aA	7.317 aAB		
	Déficit	6,031 aA	2.546 bB	1.188 bB	57.78	80.30
	% redução	9,80	69.31	83.76		
46	Controle	6,207 aB	8.348 aA	7.343 aAB		
	Déficit	5,289 bA	1.153 bB	1.045 bB	78.20	80.25
	% redução	14,78	86.18	85.76		
47	Controle	6,167 aB	7.376 aA	7.531 aA		
	Déficit	5,405 bA	0.844 bB	1.623 bB	84.38	69.97
	% redução	12,35	88.55	78.44		
48	Controle	5,787 aA	6.443 aA	6.615 aA		
	Déficit	5,669 aA	2.385 bB	2.883 bB	57.93	49.15
	% redução	2,03	62.98	56.41		
51	Controle	6,944 aA	7.529 aA	7.470 aA		
	Déficit	4,997 bA	1.255 bB	0.718 bB	74.88	85.64
	% redução	28,03	83.33	90.38		
56	Controle	5,758 aA	6.497 aA	6.896 aA		
	Déficit	5,360 aA	1.247 bB	1.017 bB	76.74	81.02
	% redução	6,91	80.80	85.25		
57	Controle	6,825 aA	6.950 aA	7.156 aA		
	Déficit	5,899 bA	2.128 bB	2.384 bB	63.92	59.58
	% redução	13,56	69.38	66.68		
61	Controle	5,999 aA	6.532 aA	6.758 aA		
	Déficit	6,276 aA	1.605 bB	1.573 bB	74.43	74.93
	% redução	-4,61	75.42	76.72		
62	Controle	5,758 aA	6.417 aA	6.085 aA		
	Déficit	4,962 bA	0.821 bB	0.893 bB	83.45	82.00
	% redução	13,82	87.20	85.32		
63	Controle	6,813 aA	7.530 aA	7.000 aA		
	Déficit	5,500 bA	0.846 bB	0.982 bB	84.61	82.15
	% redução	19,27	88.76	85.97		
64	Controle	7,166 aB	8.358 aA	7.834 aA		

	Déficit	6,758 bA	3.653 bB	2.970 bB	45.94	56.06
	% redução	5,69	56.29	62.08		
174	Controle	5,565 bB	7.005 aA	6.817 aA		
	Déficit	6,102 aA	1.978 bB	1.583 bB	67.59	74.05
	% redução	-9,64	71.76	76.77		
215	Controle	5,798 aB	7.336 aA	6.684 aAB		
	Déficit	5,315 aA	0.816 bB	1.008 bB	84.64	81.04
	% redução	8,33	88.87	84.91		
1074	Controle	7,114 aA	5.910 aB	6.872 aA		
	Déficit	5,249 bA	2.578 bB	2.676 bB	50.89	49.02
	% redução	26,21	56.37	61.05		
Média Controle		6,418	7.122	6.950		
Média Déficit		5,566	1.688	1.607	69.67	71.12
% Redução média		13,27	76.29	76.87		
C.V. (%) Controle		17,99	23.31	22.44		
C.V. (%) Déficit		21,99	28,00	30.23		

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas indicam comparação entre tratamentos e maiúsculas entre épocas para o mesmo tratamento. Comparação entre médias pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Fonte: Dados da Pesquisa.

As plantas quando submetidas a variações de temperatura, através de regulação estomática, procuram manter o equilíbrio de água para manutenção de suas atividades metabólicas. O fechamento estomático se constitui em um importante mecanismo de defesa das plantas contra as perdas excessivas de água e eventual morte por dessecação (LARCHER, 2004). Percebe-se que a condutância estomática, tem uma correlação com a taxa transpiratória foliar, da mesma forma, as plantas submetidas a restrição hídrica aos 15 dias tiveram acentuada redução na condutância estomática, com média de 76,83 %, chegando aos 45 dias com média de 79,92 % (Tabela 12). As progênies 46, 51, 56, 63, e 215 foram as que tiveram maior percentual de redução de condutância estomática, a progênie 51 foi a que mais reduziu atingindo 88.63%, demonstrando maior sensibilidade ao déficit hídrico. Já as progênies 48, 57, 64 e 1074 apresentaram menor redução de condutância estomática. Quando se analisa o percentual de redução (2 – 15 dias) com o percentual de redução (2 – 45 dias) verifica-se que houve diminuição desse percentual nas progênies 42, 47, 48, 57, 62, 63, e 215. Nas demais aconteceu o esperado, isto é, valores mais elevados com o decorrer do experimento. Essa redução, provavelmente, foi devido a variações de temperatura e umidade no ambiente por ocasião da coleta de dados. Comparando os dois regimes observa-se que as progênies com déficit hídrico a partir do segundo dia já demonstram redução de 15.35%, aos 15 dias, com 78.79% e aos 45 dias com 81.75%. Sensibilidade da condutância estomática à redução da

disponibilidade hídrica também foi encontrada por David et al. (1997) em *Eucalyptus grandis* e em *J. curcas* por Maes et al. (2010).

Tabela 12 - Valores médios da condutância estomática ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) de 16 progênies de cupuaçuzeiros submetidas a dois regimes hídricos (controle e déficit) por 45 dias. Belém, PA. 2015.

Progênie	Tratamento	Tempo (dias)			% de redução (2 - 15 dias)	% de redução (2- 45 dias)
		2	15	45		
32	Controle	0,321 aA	0.240 aB	0.243 aB		
	Déficit	0,234 bA	0.065 bB	0.049 bB	72.39	78.92
	% Redução	27,03	73.12	79.67		
42	Controle	0,358 aA	0.311 aA	0.291 aA		
	Déficit	0,242 bA	0.057 bB	0.059 bB	76.28	75.67
	% Redução	32,51	81.60	79.77		
44	Controle	0,234 aB	0.312 aA	0.295 aA		
	Déficit	0,271 aA	0.078 bB	0.038 bB	71.15	85.89
	% Redução	15,69	74.93	87.02		
46	Controle	0,297 aA	0.319 aA	0.29 aA		
	Déficit	0,247 aA	0.047 bB	0.032 bB	80.85	86.96
	% Redução	16,91	85.17	88.90		
47	Controle	0,295 aA	0.280 aA	0.302 aA		
	Déficit	0,233 aA	0.032 bB	0.051 bB	86.32	78.30
	% Redução	21,15	88.65	83.25		
48	Controle	0,281 aA	0.237 aA	0.267 aA		
	Déficit	0,277 aA	0.095 bB	0.097 bB	65.82	64.95
	% Redução	1,58	60.02	63.66		
51	Controle	0,329 aA	0.286 aA	0.303 aA		
	Déficit	0,229 bA	0.046 bB	0.026 bB	80.01	88.63
	% Redução	30,33	83.97	91.4		
56	Controle	0,281 aA	0.245 aA	0.275 aA		
	Déficit	0,259 aA	0.046 bB	0.034 bB	82.05	86.72
	% Redução	7,77	81.07	87.48		
57	Controle	0,322 aA	0.356 aA	0.330 aA		
	Déficit	0,261 bA	0.032 bB	0.078 bB	87.75	70.00
	% Redução	18,96	91.01	76.29		
61	Controle	0,285 aA	0.246 aA	0.262 aA		
	Déficit	0,306 aA	0.059 bB	0.050 bB	80.64	83.67
	% Redução	-7,73	75.85	80.93		
62	Controle	0,285 aA	0.236 aA	0.230 aA		
	Déficit	0,245 aA	0.030 bB	0.042 bB	87.84	82.96
	% Redução	14,23	87.39	81.83		
63	Controle	0,327 aA	0.279 aA	0.281 aA		

	Déficit	0,257 bA	0.027 bB	0.033 bB	89.53	87.14
	% Redução	21,30	90.33	88.23		
64	Controle	0,385 aA	0.317 aA	0.331 aA		
	Déficit	0,322 bA	0.140 bB	0.098 bB	56.59	69.51
	% Redução	16,47	55.95	70.31		
174	Controle	0,273 aA	0.264 aA	0.268 aA		
	Déficit	0,278 aA	0.077 bB	0.052 bB	72.31	81.21
	% Redução	-1,92	70.79	80.45		
215	Controle	0,278 aA	0.264 aA	0.262 aA		
	Déficit	0,255 aA	0.029 bB	0.034 bB	88.52	86.70
	% Redução	8,20	88.94	87.05		
1074	Controle	0,342 aA	0.329 aA	0.334 aA		
	Déficit	0,237 bA	0.096 bB	0.061 bB	59.35	74.33
	% Redução	30,77	70.72	81.80		
	Média Controle	0,306	0.283	0.285		
	Média Déficit	0,259	0.060	0.052	76.83	79.92
	% Redução média	15,35	78.79	81.75		
	C.V. (%) Controle	21,97	23.64	19.08		
	C.V. (%) Déficit	20,33	28.99	32.43		

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas indicam comparação entre tratamentos e maiúsculas entre épocas para o mesmo tratamento. Comparação entre médias pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Fonte: Dados da Pesquisa.

As progênies submetidas a restrição hídrica tiveram respostas diferenciadas aos 45 dias, quanto à taxa de sobrevivência, com destaque para a progênie 42 com 100% de plantas vivas, seguidas das progênies 64 e 215 com 75% de sobrevivência (Tabela 13). As progênies 32, 44, 48 57, 174, e 1074 mantiveram 50% do stand, e as progênies 46, 61, e 62 tiveram apenas 25% de plantas vivas. No entanto as progênies 47, 51, 56 e 63 não resistiram às condições de déficit hídrico experimental, e todas as plantas morreram. Estas quatro progênies mostraram extrema sensibilidade ao déficit hídrico, e não deverão participar nas próximas etapas de avaliação.

Observando, conjuntamente, os parâmetros estudados como, acúmulo matéria seca (AMS), taxa assimilatória líquida (TAL), taxa de crescimento relativo (TCR), e taxa de crescimento absoluto (TCA), verifica-se que as progênies que não resistiram ao déficit hídrico obtiveram valores acima da progênie 42, levando a inferir que a taxa de sobrevivência das progênies está relacionada a genes específicos de tolerância à restrição hídrica, os quais são variáveis entre as progênies.

Tabela 13 – Taxa de sobrevivência de 16 progênes de cupuaçuzeiros submetidas ao déficit hídrico durante 45 dias. Belém, PA. 2015.

Progênie	Procedência	% Sobrevivência	
32	174 x 186	50,00	c
42	186 x 434	100,00	a
44	186 x 434	50,00	c
46	186 x 215	25,00	d
47	186 x 1074	0,00	e
48	186 x 1074	50,00	c
51	215 x 624	0,00	e
56	186 x 1074	0,00	e
57	186 x 513	50,00	c
61	220 x 228	25,00	d
62	220 x 185	25,00	d
63	174 x 248	0,00	e
64	220 x 185	75,00	b
174	Primária	50,00	c
215	Primária	75,00	b
1074	Primária	50,00	c
Média Geral		39,06	
C. V. (%)		27,98	

*Dados de percentagem de sobrevivência foram convertidos para arco seno raiz de X/100.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Figura 11 – Visão do experimento mostrando as mudas de cupuaçuzeiros no final do déficit hídrico. Belém, PA. 2015.



Foto: Ronaldo Rosa, 2015.

5 CONCLUSÕES

O estudo conclui que a restrição hídrica é um fator limitante para o estabelecimento de cultivo destas progênies onde há longo período de estiagem. Até o décimo quinto dia de restrição hídrica as progênies não demonstraram diferenças em relação ao controle, indicando que podem vegetar sob condições de restrição hídrica moderada. As progênies 32, 62, e 64 com restrição hídrica não tiveram diferença significativa estatisticamente quando comparadas as progênies controle para os índices fisiológicos TAL, TCR, AMS, e TCA, indicando boa capacidade de resistência a restrição hídrica passageira. Os índices fisiológicos embora importantes para determinar o potencial de uma cultura, para o objeto aqui estudado não foram determinantes, pois as progênies 46 e 57 com déficit hídrico, obtiveram desempenho superior quando comparadas as progênies controle, mas não tiveram melhores taxas de sobrevivência. A progênie que resistiu em maior grau ao déficit hídrico não foi a melhor acumuladora referente aos índices fisiológicos, portanto induz que as progênies que sobreviveram em maior ou menor grau tenham um componente genético diferenciado. As progênies 32, 42, 44, 48, 57, 64, 174, 215, 1074, pela taxa de sobrevivência apresentada, 100% a 50%, e considerando os parâmetros aqui estudados devem ser indicadas para cultivo em ambientes com baixa pluviosidade, e aproveitadas em trabalhos de melhoramento.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M. P. F.; MORAES, F. K. C.; SANTOS, R. I. N. CASTRO, G. L. S.; RAMOS, E. M. L. S.; PINHEIRO, H. A. Ecofisiologia de plantas jovens de mogno africano submetidas a deficit hídrico e reidratação. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.48, n.1, p.9-16, jan. 2013.
- ALMEIDA, A-A. F., BRITO, R. C. T., AGUILAR, M. A. G., VALLE, R. R. Water relations' aspects of *Theobroma cacao* L. clones. **Agrotrópica**, 14, n.2 p. 35-44. 2002.
- ALMEIDA, A-A. F., MAESTRI, M. Characteristics of slow chlorophyll fluorescence emission in four *Coffea arabica* genotypes submitted to water stress. **Photosynthetica**, 32, n.2, p. 161-169. 1996.
- ALVES, R. M. **Implantação de um pomar de cupuaçuzeiro com a cultivar BRS Carimbó**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 40 p. il. Color. 2012.
- ALVES, R.M. **Caracterização genética de populações de cupuaçuzeiro, *Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex. Spreng.) Schum., por marcadores microsatélites e descritores botânico-agronômicos**. Piracicaba: ESALQ, 2002. 146p. il. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- ALVES, R.M.; FERREIRA, F.N. **BRS Carimbó - a nova cultivar de cupuaçuzeiro da Embrapa Amazônia Oriental**. Belém, PA. Embrapa Amazônia Oriental. (Comunicado Técnico 232), 2012. 8p.
- BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; SANTOS, A. O. Potencial da água na folha como um indicador de déficit hídrico em milho. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.35, n. 8, p. 1531-1540, 2000.
- BOYER, J. S. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean, and sunflower at various leaf water potentials. **Plant Physiology**, 46, p. 233-235. 1970.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009.
- BROUWER, R., 1962. Nutritive influences on the distribution dry matter in the plant. **Netherlands Journal Agricultural Sciences**, 10, p. 31-39.
- BUXTON, D.R., FALES, S.L. 1994. Plant environment and quality. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.) Forage quality, evaluation and utilization. Madison: **American Society of Agronomy**.p.155-199.
- CARLETTO, G.M. **O número de cromossômios em cacauzeiros**. Ilhéus: Instituto de Cacau da Bahia, 1946. p.35-39. (Boletim Técnico, 6).
- CARVALHO, C. J. R. Responses of *Schizolobiumamazônicum* [*S. parahyba* var. *amazonicum*] and *Schizolobiumparahyba* [*Schizolobiumparahybum*] plants to water stress. **Revista Árvore**, v. 29, p. 907-914, 2005.

CARVALHO, J.E.U.; MÜLLER, C.H.; BENCHIMOL, R.L.; KATO, A.K.; ALVES, R.M. COPOASU [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.]: **cultivo y utilización: manual técnico**. Caracas: FAO, Tratado de Cooperacion Amazonica, 1999. 152p.

CHAPIN III, F. S., AUTUNM, K., PUGNAIRE, F., 1993. Evolution of suites of traits in response to environmental stress. **American Naturalist**, 142, p. 79-92.

CHAVES, M.M. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**, v.42, p.1-16, 1991.

CHAVES, M.M.; PEREIRA, J.S.; MAROCO, J.; RPDRIGUES, M.L.; RICARDO, C.P.; OSORIO, M.L.; CARVALHO, I.; FARIA, T.; PINHEIRO, C. How plants cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. **Annals of Botany**, v.89, p.907-916, 2002.

CONCEIÇÃO, H.E.O. da; SILVA, E.S.A.; ROCHA NETO, O.G. da; STEIN, R.L.B.; SANTIAGO, E.J.A. de; SOUSA, D.B. de; GEMAQUE, R.C.R.; SOUZA, M.M.M. de. Método para estimar a área foliar do cupuaçuzeiro. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1., 1996, Belém, PA. **Anais**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/JICA, 1997. 440p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documento, 89

CONFORTO, E. C., 2008. Respostas fisiológicas ao déficit hídrico em duas cultivares enxertadas de seringueira (“RRIM 600” e “GT 1”) crescidas em campo. **Ciência Rural**, 38, n3, p. 679-684.

CORDEIRO, Y.E.M.; PINHEIRO, H.A.; SANTOS FILHO, B.G.; CORRÊA, S.S.; DIASFILHO, M.B. Physiological and morphological responses of young mahogany (*Swietenia macrophylla* King). plants to drought. **Forest Ecology and Management**, v.258, p.1449-1455, 2009.

CRUZ, C.D. Programa genes: Versão Windows; **aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 2001. 648p.

DAMATTA, F. M.; CHAVES, A. R. M.; PINHEIRO, H. A.; DUCATTI, C.; KRAMER, P.J. 1983. Water relations of plants. New York: **Academic Press**. 489p.

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.

DUCKE, A. **Plantas de cultura pré-colombiana na Amazônia Brasileira: notas sobre as espécies ou formas espontâneas que supostamente lhes teriam dado origem**. Belém: IAN, 1946. 24 p. (Boletim Técnico, 8).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa – CNPS, 306 p. 2006.

FIGUEIRÔA, J. M. DE, BARBOSA. D. C. A. DE, SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botânica Brasileira**, 18(3), p. 573-580, 2004.

HOOGENBOOM, G., HUCK, M. G., PETERSON C. M., 1987. Root growth rate of soybean as affected by drought stress. **Agronomy Journal**, 79, p. 697-614.

- HUNT, R., 1990. **Basic growth analysis**. Unwin Hyman, 112p.
- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Ceres, 1979. 191-215p.
- LAMBERS, H., POORTER, H., 1992. Inherent variation in growth rate between higher plants: a search for physiological causes and ecological consequences. **Advances in Ecological Research**, 23, p. 187-261.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2004. 531p.
- LEMCOFF, J. L., GUARNASCHELL, A. B., GARAU, A. M., BASCIALI, M. E., GHERSA, C. M., 1994. Osmotic adjustment and its use as a selection criterion in **Eucalyptus seedlings**. **Canadian Journal Forest Research**, 24, p. 2404-2408.
- LIMA, R. M. Efeito do tamanho das sementes sobre alguns atributos fisiológicos e agrônômicos. **Anuário ABRASEM**, Brasília, p.168, 1997
- LOUREIRO, M. E. Drought tolerance of two field-grown clones of *Coffea canephora*. **Plant Science**, v. 164, p. 111-117, 2003.
- LUCCHESI, A.A. Utilização prática da análise de crescimento vegetal. **Anais da Esalq**, Piracicaba, v.41, p.181-202, 1984.
- MAES M. H., ACHTEN W. M. J., REUBENS B., RAES, D., SAMSON R., MUYS B., 2009. Plant–water relationships and growth strategies of *Jatropha curcas* L. saplings under different levels of drought stress. **Journal Arid Environ**, 73, p. 877–884.
- MAGALHÃES, A. C. N. **Análise quantitativa do crescimento**. In: FERRI, M. G. Fisiologia vegetal. São Paulo, EPU, 1985. V.1, p.363 - 50.
- MARTINS, M. O., 2008. **Aspectos fisiológicos do nim indiano sob déficit hídrico em condições de casa de vegetação**. 85 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- MEDINA, C. L., MACHADO, E. C., GOMES, M. M. A., 1999. Condutância estomática, transpiração e fotossíntese em laranjeira "Valência" sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, 11, p. 29-34.
- MORAIS, R. R.; GONÇALVES, J. F. C.; RIBEIRO, G. J.; CAMPOS, F. C.; LIMA, R. B. S. Potencial hídrico foliar de espécies constituintes de sistema agroflorestal sob diferentes períodos de precipitação na Amazônia Central. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 2, p. 1023-1025, 2007.
- MORGAN, J. M. Osmoregulation and water stress in higher plants. **Annual Review Plant Physiology**, 35, p. 289-319, 1984.
- NECHET, D. Análise da precipitação em Belém-PA, de 1986 a 1991. **Boletim de Geografia teor.** n. 23, p.150-156, 1993.
- NOGUEIRA, R. J. M. C., MORAES, J. A. P. V., BURITY, H. A. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleira submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, 13, n.1, p. 75-87, 2001.

OLIVEIRA, M. A. J.; BOVI, M. L. A.; MACHADO, E. C.; GOMES, M. M. A.; HABERMANN, G.; RODRIGUES, J. D. Fotossíntese, condutância estomática e transpiração em pupunheira sob deficiência hídrica. **Scientia Agricola**, v. 59, p. 59-63, 2002.

PAIM, A. C. B. Avaliação do efeito do estresse hídrico na estrutura, ecofisiologia e na bioquímica de plântulas de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (ANACARDIACEAE). **2002. 80f. Dissertação - (Mestrado em Botânica), Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2002.**

PARENTE, V. de M. (Coord.). Cupuaçu. [Rio de Janeiro]: Fundação Getúlio Vargas; Manaus: Suframa. **Projeto potencialidades regionais estudo de viabilidade econômica.** 2003. 62p

PRADO, C.H.B.A.; MORAES, J.A.P.V. & MATTOS, E. A. Gas exchange and leaf water status in potted plants of *Copaifera langsdorffii*. 1. Responses to water stress. **Photosynthetica**, 30:207-213, 1994.

RAIJ, B.van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

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

REIS, G. G.; MULLER, M. W. Análise de crescimento de plantas - mensuração do crescimento. **Belém, CPATU, 1978. 35p.**

ROCHA, A.M.S. **Estresse hídrico e trocas de CO₂ gasoso e vapor d' água em plantas jovens envasadas de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville.** São Carlos. Universidade Federal de São Carlos, 1994. 112p. Dissertação de Mestrado.

ROCHA, C. R. M.; ENIEL DAVID CRUZ. Teste de vigor em progênies de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Willd. ex. In: VI SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRA E XII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 2008, Belém/PA. **Anais do VI Seminário de Iniciação Científica da UFRA e XII Seminário de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Oriental**, 2008. v. 1. p. 1-5.

ROZA, F.A. Alterações morfológicas e eficiência de uso da água em plantas de *Jatropha curcas* L. Submetidas à deficiência hídrica. Ihéus. Bahia. UESC, 2010. 78 p. Dissertação de Mestrado.

SAGRI - Secretaria de Agricultura do Estado do Pará. A fruticultura no Estado do Pará. Disponível em: http://www.sagri.pa.gov.br/files/pdfs/SEB_Cartilha_Frutas_18x21cm_OUT11_FINAL.pdf. Acesso em: 27 de Janeiro de 2016.

SAITO, T., TERASHIMA, I., 2004. Reversible decreases in the bulk elastic modulus of mature leaves of deciduous *Quercus species* subjected to two drought treatments. **Plant Cell Environment**, 27, p. 863-875.

SANTANA, A. C. **Mercado Cadeia produtiva e Desenvolvimento Rural na Amazônia.** Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2014.

SEREJO, J. A.; DANTAS, JORGE. L. LOYOLA.; SAMPAIO, C. V. **Fruticultura Tropical: Espécies Regionais Exóticas**. Brasília, D.F, Embrapa. Informação Tecnológica, 2009.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; NETO, A. D. A.; BRITO, J. Z.; CABRAL, E. L. Aspectos ecofisiológicos de dez espécies em uma área de caatinga no município de Cabaceiras, Paraíba, Brasil. **Série Botânica**, v. 59, n. 2, p. 201-205, 2004.

SOUZA, A. das G.C. de; SILVA, S.E.L. da., TAVARES, A. M.; RODRIGUES, M. do R. L. **A cultura do cupuaçu** (*Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex Spreng.) Schum.). Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 1999. 39p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Circular Técnica, 2)

TAIZ, L. ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

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

VENTURIERI, G.A. **Cupuaçu: a espécie, sua cultura, usos e processamento**. Belém: Clube do Cupuaçu, 1993. 108 p., il. il.

VENTURIERI, G.A; ALVES, M.L.B. & NOGUEIRA, M.D. O cultivo do cupuaçuzeiro. **Informativo da Sociedade Brasileira de Fruticultura**. 1985.

WEST, C.; BRIGGS, G. E.; KIDD, F. **Methodos and significant relations in the quantitative analysis of planta growth**. *New Physiologist*, v. 19: p. 200-207, 1920.