



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Tese de Doutorado

**ESTRESSE HÍDRICO EM FASES FENOLÓGICAS DO
CAJUEIRO ANÃO PRECOCE EM AMBIENTE PROTEGIDO**

MÁRIO LUIZ FARIAS CAVALCANTI

**Campina Grande
Paraíba**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

**PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM
DOUTORADO**

***ESTRESSE HÍDRICO EM FASES FENOLÓGICAS DO CAJUEIRO
ANÃO PRECOCE EM AMBIENTE PROTEGIDO***

TESE

MÁRIO LUIZ FARIAS CAVALCANTI

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

JUNHO - 2007

MÁRIO LUIZ FARIAS CAVALCANTI

BIÓLOGO

***ESTRESSE HÍDRICO EM FASES FENOLÓGICAS DO CAJUEIRO
ANÃO PRECOCE EM AMBIENTE PROTEGIDO***

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola.

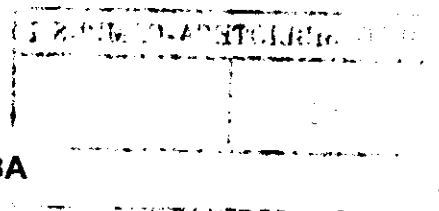
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENGENHARIA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

ORIENTADORES: PEDRO DANTAS FERNANDES – Doutor – UFCG/CTRN/DEAg

HANS RAJ GHEYI – Doutor – UFCG/CTRN/DEAg

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

JUNHO – 2007





FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCEG

C376e

2007 Cavalcanti, Mário Luiz Farias.

Estresse hídrico em fases fenológicas do cajueiro anão precoce em ambiente protegido / Mário Luiz Farias Cavalcanti. — Campina Grande, 2007.

109f. : il.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Referências.

Orientador : Dr. Pedro Dantas Fernandes.

1. *Anacardium occidentale*. 2. Déficit hídrico. 3. Produção. I. Título.

CDU – 581.143(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS



COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE DO DOUTORANDO

MÁRIO LUIZ FARIAS CAVALCANTI

ESTRESSE HÍDRICO EM FASES FENOLÓGICAS DO CAJUEIRO ANÃO
PRECOCE EM AMBIENTE PROTEGIDO

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Dr. Pedro Dantas Fernandes – Orientador

Dr. José Geraldo Rodrigues dos Santos – Examinador

APROVADO COM
DISTINÇÃO

Dr. Napoleão Esberard de Macedo Beltrão – Examinador

APROVADO COM
DISTINÇÃO

Dr. José Dantas Neto – Examinador

APROVADO COM
DISTINÇÃO

Dra. Lúcia Helena Garófalo Chaves – Examinadora

Aprovada com
Distinção

JUNHO – 2007

Em memória de minha avó materna, Luzia Alves Farias, que foi a pessoa mais pura que conheci em toda a minha vida, e a quem tenho como exemplo de paz, carinho e bondade infinita.

MINHA HOMENAGEM

A meus pais, José Mário e Anísia Maria, pelo exemplo de vida que são e também pela força, carinho, confiança e esforços dedicados à minha pessoa, que servem de estímulo para atravessar todas as barreiras em que a vida nos coloca diariamente.

A meus irmãos, Giovanni Ulisses, Paulo Germano e Sílvia Patrícia; parentes e amigos.

OFEREÇO E DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela concretização deste trabalho.

A meus pais, José Mário e Anísia Maria, que me apoiaram durante essa difícil jornada.

A meus irmãos, Giovanni Ulisses, Paulo Germano e Silvia Patrícia, pela amizade e companheirismo de cada dia.

Ao CNPq, pelo financiamento da pesquisa.

À coordenação da Pós-graduação em Engenharia Agrícola, através da professora Josivanda Palmeira Gomes de Gouveia, e aos demais professores do curso.

Ao Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes, meu orientador, pela grande contribuição na minha formação acadêmica e também pela amizade.

Ao Prof. Dr. Hans Raj Gheyi, pela orientação e, principalmente, pelos ensinamentos passados durante essa jornada na pós-graduação.

Ao Prof. Dr. José Dantas Neto, pela participação na banca e devido aos ensinamentos passados durante todo o curso.

À Profa. Dra. Lúcia Helena Garófalo Chaves, pela participação na banca, e pela amizade surgida o doutorado.

A Dr. Napoleão Esberard de Macedo Beltrão, pela participação na banca, amizade e principalmente pela confiança prestada em mim, desde os tempos de graduação.

Ao Dr. José Geraldo Rodrigues dos Santos, por ter aceitado participar da banca examinadora desse trabalho através de sua importante contribuição.

Ao Prof. Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra e aos funcionários do Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), através de Francisco Alves da Silva (Chico).

À Sra. Rivanilda, pela atenção e ajuda, sempre que necessitei durante todo o curso.

Ao amigo e irmão Genival Barros Júnior, que dedicou grande parte do seu precioso tempo na condução deste trabalho.

Ao amigo Frederico Antônio Loureiro Soares, que sempre esteve disposto a ajudar em qualquer situação.

A Antônio Pinto Almeida (Almeidinha), que deu sua valorosa contribuição na condução desta pesquisa, sem a qual teria sido bem mais difícil.

A Paulo Torres Carneiro, pela ajuda prestada na instalação do experimento e por sua amizade.

A José Wellington dos Santos, que teve participação crucial na análise estatística deste trabalho.

A Soahd Arruda Rached Farias, amiga que deu sua importante contribuição no dimensionamento do sistema de irrigação do experimento.

A Julia Soares e Luanna Amado, estagiárias que dedicaram grande parte de seu tempo na condução da pesquisa.

A Eliezer da Cunha Siqueira, Manuel Valnir Júnior, Vanda Maria de Lira e Rogério Dantas de Lacerda, pela grande contribuição que prestaram para o meu crescimento intelectual no decorrer do doutorado.

Aos professores Bernardo Barbosa da Silva e Vicente de Paulo Rodrigues da Silva, pela ajuda, sempre que solicitada.

Ao amigo Adilson David de Barros, pela amizade, companheirismo e convívio durante toda a minha jornada na pós-graduação.

A Nelson Suassuna, que esteve pronto a me ajudar, sempre que foi procurado.

A todos os colegas de turma que, junto a mim, passaram por várias dificuldades, mas a cada dia superávamos mais um obstáculo a caminho do sucesso.

A Ariadne, Vanessa,enfim, a todos que contribuíram, de alguma forma, para esta conquista.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE APÊNDICES	xiii
LISTA DE ANEXOS	xv
RESUMO	xvi
ABSTRACT	xvii
1. INTRODUÇÃO	01
2. OBJETIVOS	03
2.1. Objetivo geral.....	03
2.2. Objetivos específicos.....	03
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	04
3.1. Considerações gerais sobre a cultura do caju.....	04
3.2. Origem, genótipos e aspectos gerais da cultura.....	05
3.3. Morfologia do cajueiro.....	05
3.4. Irrigação na cultura do cajueiro.....	08
3.4.1. Manejo da irrigação.....	09
3.5. Efeito do estresse hídrico nos vegetais.....	10
3.5.1. Estratégias de adaptação ao estresse hídrico.....	11
3.5.2. Resposta fisiológica da planta ao estresse hídrico.....	14
3.5.2.1. Redução da expansão da área foliar.....	14
3.5.2.2. Senescência e abscisão foliar.....	14
3.5.2.3. Aumento da camada cerosa na cutícula foliar.....	15
3.5.2.4. Fechamento dos estômatos.....	15
3.5.2.5. Limitação da fotossíntese.....	17
3.5.2.6. Alteração na dissipação de energia nas folhas.....	17
3.5.2.7. Ajustamento osmótico das células.....	18
3.5.2.8. Alteração do padrão de crescimento da planta.....	20
3.5.2.9. Aumento da resistência ao fluxo de água.....	21

4. MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1. Localização do experimento.....	23
4.2. Espécie e clone.....	24
4.3. Tratamentos e delineamento estatístico.....	24
4.4. Recipientes e substrato.....	26
4.5. Sistema de irrigação.....	28
4.6. Preparo do solo e transplântio.....	30
4.7. Avaliação da uniformidade de aplicação de água.....	30
4.8. Adubação.....	31
4.9. Estimativa da evapotranspiração.....	32
4.10. Frequência de irrigação.....	35
4.11. Variáveis analisadas.....	36
4.11.1. Avaliações de crescimento.....	36
4.11.2. Avaliações fisiológicas.....	36
4.11.3. Avaliações de produção.....	38
4.12. Análise estatística.....	40
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.1. Variáveis de crescimento do cajueiro.....	41
5.2. Variáveis fisiológicas do cajueiro.....	54
5.3. Variáveis de produção do cajueiro.....	60
6. CONCLUSÕES	81
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
8. APÊNDICE	95
9. ANEXO	109

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Médias das temperaturas máxima, mínima e média nos respectivos meses.....	23
2 Planta formada por enxertia na forma de garfagem fenda cheia, utilizada no experimento.....	24
3 Localização do experimento com disposição dos vasos na casa-de-vegetação.....	25
4 Distribuição dos tratamentos utilizados e croqui da área.....	26
5 Esquema do sistema de irrigação por gotejamento instalado na casa-de-vegetação.....	28
6 Detalhe da irrigação com três gotejadores por planta e detalhe do manômetro utilizado durante as irrigações.....	29
7 Detalhe do experimento com o Tanque Classe "A".....	32
8 Comparativos entre os três métodos (Hargreaves e Samani, Penman-Monteith, Tanque Classe "A") de estimativa da ETo.....	33
9 Painel do instrumento PEA II (Hansatech Instruments Co., UK).....	37
10 Medição da eficiência quântica do fotossistema II (EQF-II) através do instrumento PEA II (Hansatech Instruments Co., UK).....	38
11 Ilustração das medições: A - Comprimento médio do pedúnculo; B - Diâmetro basal (DB) e diâmetro apical (DA).....	39
12 Ilustração da leitura do ° Brix: A – corte do pedúnculo; B – leitura do ° Brix no refratômetro digital.....	40
13 Evolução da altura de planta (AP) do Cajueiro Anão Precoce, no primeiro ano do ciclo, submetida a estresse hídrico em diferentes fases fenológicas.....	43
14 Evolução do diâmetro do caule (DC) do Cajueiro Anão Precoce, no primeiro ano do ciclo, submetida a estresse hídrico em diferentes fases fenológicas.....	46
15 Evolução do número de folhas (NF) do Cajueiro Anão Precoce, no primeiro ano do ciclo, submetida a estresse hídrico em diferentes fases fenológicas.....	49

16	Evolução da área foliar (AF) do Cajueiro Anão Precoce, no primeiro ano do ciclo, submetida a estresse hídrico em diferentes fases fenológicas.....	51
17	Detalhe dos caju (pedúnculo + castanha) aos 360 DAT.....	68
18	Produção total (pedúnculo + castanha) do Cajueiro Anão Precoce, aos 360 DAT, em função do estresse hídrico.....	75
19	Comparativo do volume total de água consumido pelas plantas submetidas a 40% da ETc nas três Fases fenológicas (inicial, floração e produção) e testemunha, durante todo o primeiro ano de ciclo.....	77
20	Comparativo do volume total de água consumido pelas plantas das diferentes lâminas de estresse submetidas a déficit hídrico na fase de floração e da testemunha durante todo o primeiro ano de ciclo.....	78
21	Volume total de água consumido por tratamento.....	79
22	Volume de água mensal consumido pelas plantas submetidas a estresse hídrico na fase de floração.....	80

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1	Coeficientes de cobertura do solo (CS), de cultivo (Kc) e de redução da evapotranspiração (Kr) em função da cobertura do solo, para o Cajueiro Anão Precoce..... 10
2	Recomendações de adubação mineral para Cajueiro Anão Precoce sob irrigação..... 31
3	Análises de variância do modelo de regressão para altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) do Cajueiro Anão Precoce..... 42
4	Resumo da análise de variância (ANAVA) para a Eficiência Quântica do Fotossistema II (EQF-II) no final de cada fase..... 55
5	Valores de quadrado médio dos contrastes estudados para a Eficiência Quântica do Fotossistema II (EQF-II), aos 360 dias após o transplantio (DAT)..... 57
6	Médias da Eficiência Quântica do Fotossistema II (FV/FM), aos 360 dias após o transplantio (DAT)..... 57
7	Resumo da análise de variância (ANAVA) para a resistência estomática aos 360 dias após o transplantio (DAT)..... 58
8	Desdobramento das médias para resistência estomática (RESIST) em $s\ cm^{-1}$ para cada lâmina estudada 360 dias após o transplantio (DAT)..... 59
9	Resumos das análises de variância (ANAVA) para o Peso da Matéria Fresca do Pedúnculo (PMFPed), Peso da Matéria Seca do Pedúnculo (PMSPed), Peso da Matéria Fresca da Castanha (PMFCast) e Peso da Matéria Fresca Total (PMFTot)..... 61
10	Valores de quadrado médio dos contrastes estudados para Peso da Matéria Fresca do Pedúnculo (PMFPed), Peso da Matéria Seca do Pedúnculo (PMSPed), Peso da Matéria Fresca da Castanha (PMFCast) e Peso da Matéria Fresca Total (PMFTot)..... 63

11	Médias do Peso da Matéria Fresca do Pedúnculo (PMFPed), Peso da Matéria Seca do Pedúnculo (PMSPed), Peso da Matéria Fresca da Castanha (PMFCast) e Peso da Matéria Fresca Total (PMFTot)..	64
12	Resumo das análises de variância (ANAVA) para o Comprimento Médio do Pedúnculo (CMPed) e Diâmetro Médio do Pedúnculo (DMPed).....	69
13	Valores de quadrado médio dos contrastes estudados para Comprimento Médio do Pedúnculo (CMPed) e Diâmetro Médio do Pedúnculo (DMPed).....	70
14	Médias do Comprimento Médio do Pedúnculo (CMPed) e Diâmetro Médio do Pedúnculo (DMPed).....	71
15	Resumo da análise de variância (ANAVA) para Número de Frutos (NFrutos), Produção Total (PTotal) e ° Brix.....	72
16	Valores de quadrado médio dos contrastes estudados para Número de Frutos (NFrutos) e Produção Total (PTotal).....	73
17	Médias do Número de Frutos (NFrutos) e Produção Total (PTotal).....	74
18	Valores de quadrado médio da análise de regressão para Produção Total (PTotal).....	75

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice	Página
1	Sistema de irrigação. A – registro geral e filtro de disco; B e C – distribuição dos registros de cada tratamento; D – saída da mangueira de cada registro; E e F – visão geral da disposição das mangueiras; G – detalhe dos gotejadores..... 95
2	Volume mensal (litros) de água consumido por tratamento..... 96
3	Volume de água mensal consumido pelas plantas submetidas a estresse hídrico na fase inicial de desenvolvimento..... 97
4	Volume de água mensal consumido pelas plantas submetidas a estresse hídrico na fase de produção..... 97
5	Comparativo do volume total de água consumido pelas plantas das diferentes lâminas de estresse submetidas a déficit hídrico na fase inicial de crescimento e da testemunha, durante todo o primeiro ano de ciclo..... 98
6	Comparativo do volume total de água consumido pelas plantas das diferentes lâminas de estresse submetidas a déficit hídrico na fase de produção e da testemunha, durante todo o primeiro ano de ciclo..... 98
7	Comparativo do volume total de água consumido pelas plantas submetidas a 55% da ETc nas fases fenológicas (inicial, floração e produção) e da testemunha durante todo o primeiro ano de ciclo..... 99
8	Comparativo do volume total de água consumido pelas plantas submetidas a 70% da ETc nas fases fenológicas (inicial, floração e produção) e da testemunha durante todo o primeiro ano de ciclo..... 99
9	Comparativo do volume total de água consumido pelas plantas submetidas a 85% da ETc nas fases fenológicas (inicial, floração e produção) e da testemunha durante todo o primeiro ano de ciclo..... 100
10	Resumos das análises de variância (ANAVA) para altura de planta (AP) aos 90, 120, 150, 180 e 210 DAT..... 101

11	Resumos das análises de variância (ANAVA) para altura de planta (AP) aos 240, 270, 300, 330 e 360 DAT.....	102
12	Resumos das análises de variância (ANAVA) para diâmetro do caule (DC) aos 90, 120, 150, 180 e 210 DAT.....	103
13	Resumos das análises de variância (ANAVA) para diâmetro do caule (DC) aos 240, 270, 300, 330 e 360 DAT.....	104
14	Resumos das análises de variância (ANAVA) para número de folhas (NF) aos 90, 120, 150, 180 e 210 DAT.....	105
15	Resumos das análises de variância (ANAVA) para número de folhas (NF) aos 240, 270, 300, 330 e 360 DAT.....	106
16	Resumos das análises de variância (ANAVA) para área foliar (AF) aos 90, 120, 150, 180 e 210 DAT.....	107
17	Resumos das análises de variância (ANAVA) para área foliar (AF) aos 240, 270, 300, 330 e 360 DAT.....	108

LISTA DE ANEXOS

Anexo	Página
1 Irradiância solar no topo da atmosfera (Q_0), expressa em mm dia^{-1} (para o 15º dia de cada mês) para as latitudes do Hemisfério Sul.....	109

RESUMO

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) é uma espécie tropical nativa do Brasil, que se encontra dispersa em quase todo o seu território. A partir de 1975, o cultivo dessa fruteira passou a ser considerado de importância socioeconômica no Nordeste, destacando-se os Estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte. Na Paraíba, a maioria dos plantios ainda é oriunda de sementes, caracterizando-se por uma acentuada variabilidade genética acompanhada de baixas produtividades; entretanto, o aumento da área cultivada de caju e o aumento do uso intensivo das águas de boa qualidade, diminuem a sua disponibilidade e assim sendo, sentiu-se a necessidade de se realizar um estudo visando avaliar as carências hídricas do Cajueiro Anão Precoce (CCP 76), e observar em que fase fenológica a cultura é mais sensível ao estresse provocado por déficit hídrico. O experimento foi desenvolvido de 1º de novembro de 2005 a 1º de novembro de 2006, em ambiente protegido pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola/CTRN/UFCG. Os tratamentos resultaram da combinação entre quatro lâminas de irrigação ($L_1 = 40$, $L_2 = 55$, $L_3 = 70$ e $L_4 = 85\%$ da evapotranspiração da cultura (ETc)), distribuídas em três épocas diferentes (A – Transplântio até a floração; B – Floração até o início da produção; C – Produção), além da testemunha, cujas plantas não foram submetidas a estresse hídrico durante o estudo. A irrigação foi feita por gotejamento, em que cada planta foi irrigada por três gotejadores autocompensantes, correspondendo a uma vazão total de $6,9 \text{ l h}^{-1}$ de água. Durante o estudo foram feitas, a cada 30 dias, as avaliações das variáveis de crescimento e fisiológicas; as variáveis de produção foram estudadas a partir dos 300 dias após o transplântio. As curvas das variáveis de crescimento das plantas estressadas durante a fase de produção tiveram comportamento próximo ao da testemunha; as variáveis fisiológicas (eficiência quântica do fotossistema II e resistência estomática) foram significativamente afetadas apenas pelo fator Fases Fenológicas; as plantas que passaram por um déficit hídrico durante a floração apresentaram melhores índices de produção superando, inclusive, a testemunha, exceto para a variável referente ao número de frutos por planta e ° Brix.

Palavras-chave: *Anacardium occidentale*; déficit hídrico; produção

ABSTRACT

The cashew (*Anacardium occidentale* L.) plant is a native tropical species of Brazil, it is dispersed in almost all territory. Since from 1975, the cultivation of this fruit is considered of socioeconomic importance in the Northeast Brazil, principally in the States of Ceará, Piauí and Rio Grande do Norte. In Paraíba, most of the planting is still using seed, characterized by an accentuated genetic variability accompanied by low productivities, however, the increase of the cultivated area of cashew, as well as the increase of the intensive use of water of good quality, reduces its availability. Thus, there is need to accomplish a study to evaluate the water necessity of the precocious dwarf cashew (CCP 76), as well as to observe in which phenological phase the crop is more sensitive to the stress provoked by water deficit. The experiment was conducted during November 1, 2005 to November 1, 2006, in a protected ambient belonging to Department of Agricultural Engineering/CTRN/UFCG. The treatments consisted of the combinations among four irrigation depths (L1 = 40, L2 = 55, L3 = 70 and L4 = 85% of the ETc) distributed in three different stages (A. from transplanting until the flowering; B. from flowering until the beginning of the production; C – during production), besides a control, where the plants were not submitted to any water stress during the whole period. Drip irrigation system was used to apply water, for each plant three autocompensating drippers were used for irrigation, corresponding to a total discharge of 6,9 L h⁻¹ of water. During the study, at intervals of 30 days, the evaluations of the growth and physiological variables were made; the production variables were studied starting from the 300 days after transplanting. The growth variables curves of the plants stressed during the production phase had behavior similar to control; the physiological variables (quantum efficiency of the photosystem II and the resistance of stomata) were affected significantly only by the factor phenological phases; the plants which suffered water deficit during the flowering phase presented better indices of production, surpassing the control, except for the variables regarding the number of fruits for plant and ° Brix.

KEY-WORDS: *Anacardium occidentale*; water deficit; production.

1. INTRODUÇÃO

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) planta dicotiledônea pertencente à família *Anacardiaceae*, é uma espécie tropical nativa do Brasil, dispersa em quase todo o seu território. A partir de 1975, a cajucultura passou a ser uma atividade de considerável importância socioeconômica no Nordeste, destacando-se a região como responsável por mais de 95% da produção nacional, com uma área plantada superior a 650 mil hectares; os Estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte, são os maiores produtores (FRAGOSO, 1996; MONTENEGRO et al., 2003).

De acordo com Montenegro et al. (2003), a produção de amêndoa de castanha de caju no Brasil se destina ao mercado externo, gerando divisas em torno de 150 milhões de dólares anuais, sendo os Estados Unidos e o Canadá como os principais mercados consumidores da amêndoa brasileira, respondendo por cerca de 85% das importações.

A cultura é de grande importância social, traduzindo-se pelo número de empregos, que gera cerca de 50 mil diretos, dos quais 35 mil no campo e 15 mil na indústria, além de 250 mil empregos indiretos nos dois segmentos. Destaca-se, ainda, sua fundamental significância para o Semi-Árido Brasileiro, pois no campo o cultivo de caju gera empregos na entressafra de culturas tradicionais como milho, feijão e algodão, contribuindo para reduzir o êxodo rural.

Na Paraíba, a maioria dos plantios ainda é oriunda de sementes, caracterizando-se por uma acentuada variabilidade genética acompanhada de baixas produtividades, como reforçam Silva et al. (2007). Em 2002, a área colhida com caju na Paraíba, foi de 7.515 hectares, com uma produção de 2.793 toneladas

de castanha, o que corresponde a 371 kg ha^{-1} ; no entanto, existem mesorregiões em que a produtividade chegou a atingir os 800 kg ha^{-1} , superando a produtividade nacional, que é de 240 kg ha^{-1} . Em sua maioria, os pomares de cajueiro são implantados em regime de sequeiro, com mudas 'pé-franco' de cajueiro comum, com base na falsa premissa de que a planta pode ser cultivada sob condições de extrema adversidade hídrica, o que resulta em produtividade média baixa, inferior a 220 kg ha^{-1} (OLIVEIRA et al., 1998; BARROS et al., 2000). Com o objetivo de se obter uma rentabilidade maior, desenvolveu-se o Cajueiro Anão Precoce, com produtividade em condições de sequeiro de 1200 kg ha^{-1} , passível de ultrapassar os 3000 kg ha^{-1} se irrigado e com manejo adequado (CRISÓSTOMO et al., 2001a).

Em todo o mundo, o uso intensivo de águas de boa qualidade tem acarretado, de forma crescente, a diminuição da sua disponibilidade para novos e antigos projetos de irrigação e, ao mesmo tempo, a crescente necessidade de expansão das áreas agrícolas tem pressionado para a necessidade do uso racional dos recursos hídricos (AYERS e WESTCOT, 1999).

Antes exposto e se considerando a baixa pluviosidade, em especial na região do semi-árido brasileiro, sentiu-se chegada a hora de se realizar um estudo, com vistas a se avaliar as carências hídricas do cajueiro e pesquisar em que fase fenológica esta cultura é mais sensível ao estresse hídrico.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Verificar e quantificar a sensibilidade do Cajueiro Anão Precoce ao estresse hídrico, em três estádios de desenvolvimento.

2.2. Objetivos Específicos

- Avaliar os efeitos do déficit hídrico sobre o crescimento e o desenvolvimento do cajueiro, ao longo do primeiro ano de ciclo;
- Verificar em que fase fenológica o Cajueiro Anão Precoce (CCP 76) é mais sensível ao estresse hídrico;
- Estudar as alterações que o estresse hídrico provoca em índices fisiológicos do cajueiro;
- Avaliar os efeitos do déficit hídrico sobre os aspectos quanti-qualitativos de produção.

Nordeste (CRISÓSTOMO et al., 2001a; MONTENEGRO et al., 2003; CENTEC, 2004).

3.2. Origem, genótipos e aspectos gerais da cultura

O cajueiro, cujo nome científico (*Anacardium occidentale* L.) foi dado por Lineu, é uma planta originária do Brasil, provavelmente da Amazônia, com área de dispersão no Nordeste, mais precisamente no litoral. Devido à baixa produtividade de cajueiros comuns (menos de 250 kg de castanha/ha), os pesquisadores sentiram a necessidade de selecionar plantas que possibilitassem rendimento compensatório para os produtores. Segundo Barros e Crisóstomo (1995), o trabalho inicial de melhoramento de Cajueiro Anão Precoce no Brasil constou de uma seleção fenotípica individual, pelo controle anual da produção, iniciado em 1965 na Estação Experimental de Pacajus. Embora essa metodologia fosse simples e de ganhos genéticos reduzidos, foi possível o lançamento comercial de dois clones em 1983 (CCP 06 e CCP 76), dois no ano de 1987 (CCP 09 e CCP 1001) e em 1993 o clone EPACE CL-49, ainda sendo os principais clones comerciais, mas, em 1996, foi lançado o clone EPACE MQ 10, como alternativa para a cultura do cajueiro no semi-árido, onde as irregularidades pluviométricas e a deficiência hídrica são inadequadas para o cultivo do Cajueiro Anão Precoce, em regime de sequeiro (ALMEIDA, et al., 1993; CENTEC, 2004). Esses clones disponíveis possibilitam, em regime de sequeiro, um rendimento de 1,3t de castanha/ha, dependendo da pluviosidade e do manejo dedicado às plantas (BARROS e CRISÓSTOMO, 1995).

3.3. Morfologia do cajueiro

Planta perene, de ramificação baixa e porte médio, cuja copa atinge altura média de 5 a 8 m e diâmetro médio (envergadura) entre 12 e 14 m no tipo comum. De acordo com o genótipo e com as condições edafoclimáticas, esta espécie pode atingir até 15 m de altura, apresentando diâmetro superior a 20 m. No caso do Cajueiro Anão Precoce, a altura média não ultrapassa 4 m e a envergadura varia entre 6 e 8m (BARROS, 1995; CENTEC, 2004).

O sistema radicular se constitui de uma raiz axial pivotante bem desenvolvida, normalmente bifurcada, podendo superar os 10m de profundidade, e de uma malha lateral superficial. Cerca de 82% das raízes laterais se encontram distribuídos nos primeiros 30cm de profundidade do solo e são essas raízes que absorvem os nutrientes e a água para a planta. Estudos sobre o sistema radicular de plantas de um a seis anos, mostraram valores que sugerem o modelo de dois para um na relação raízes laterais/copa, ou seja, o sistema lateral atinge duas vezes a projeção da copa (BARROS, 1995; CENTEC, 2004).

Normalmente, o cajueiro tem caule ereto, mas, devido principalmente às condições de solo, ele pode ser muito curto, com ramificações a nível do solo, resultando em plantas do tipo rastejante. Ao contrário do cajueiro comum, o caule do Cajueiro Anão Precoce se ramifica próximo ao solo, formando uma copa mais compactada, como ressalta o CENTEC (2004).

As folhas são simples, caducas, ovaladas, onduladas, inteiras, alternas, glabras e curto pecioladas, medindo de 10 a 20 cm de comprimento por 6 a 12 cm de largura, tendo coloração roxo-avermelhada, que se torna verde-amarelada com o avanço da idade.

Dois tipos de flores são observadas no cajueiro: as masculinas e as hermafroditas, na proporção de 6:1, respectivamente, agrupadas em inflorescências, classificando-se a espécie como andromonóica tipo panícula (COSTA, 1986). A flor se compõe de cinco sépalas, cinco pétalas, um ovário simples, que nas flores masculinas é bem rudimentar, e sete a quinze estames (um grande e seis a catorze pequenos). Algumas variações e anomalias dos componentes florais são freqüentes e a quantidade e proporções dos dois tipos de flores variam muito, tanto entre plantas como entre panículas de uma mesma planta. As flores masculinas iniciam a abertura por volta das 6 h e continuam assim por todo o dia, enquanto a abertura das flores hermafroditas ocorre entre as 10 h e meio-dia, com variação mínima. A floração do cajueiro se inicia, quase sempre, no final das chuvas; suas flores são pequenas, de coloração branca, tornando-se logo após a abertura, pálido avermelhadas; o florescimento do Cajueiro Anão Precoce começa no primeiro ou segundo ano enquanto no cajueiro comum ocorre apenas no terceiro ou no quarto ano. Atingida a idade reprodutiva, a atividade passa a ser anual, dependendo das

características genéticas da planta e do ambiente, principalmente a pluviosidade. A duração da floração é bem mais longa no Cajueiro Anão Precoce que no comum (BARROS, 1988; BARROS, 1995; CENTEC, 2004).

O percentual de frutificação em relação à quantidade de flores hermafroditas produzidas, é muito baixo no cajueiro e varia de região para região e com a época do ano, entre plantas e entre panículas de uma mesma planta. Quando ocorre a fertilização, o pedicelo da flor fica avermelhado e depois de uma semana o verdadeiro fruto, que é a castanha, se torna visível; por volta da quinta semana, o crescimento do fruto cessa e começa a diminuir até a completa maturação, atingindo 73 a 77% do tamanho máximo; este desenvolvimento desde a fecundação até a maturação, dura entre 50 e 55 dias. A castanha tem formato reniforme, de 3 a 5 cm de comprimento com 2,5 a 3,5 cm de largura, pesando de 3 a 20 gramas (COSTA, 1986; CENTEC, 2004). O comportamento do pseudofruto, resultado do desenvolvimento anormal do pedúnculo da flor, sendo inverso ao do fruto, com crescimento inicial bem mais lento, chegando a atingir o tamanho máximo apenas no final da maturação. Até a quarta semana o fruto é maior que o pseudofruto mas, após a maturação, o fruto do cajueiro comum representa apenas 8 a 12% do peso total (fruto-pseudofruto) como destaca Barros (1995). No caso do Cajueiro Anão Precoce, Costa (1986) ressalta que este percentual varia entre 6 e 9%, com a amêndoa sendo responsável por 26 a 30% do peso da castanha. O pseudofruto ou pedúnculo, tem pesos e tamanhos variáveis; no entanto, de acordo com o CENTEC (2004), já foram observados pedúnculos com peso de até 650g e tamanho variando de 3 a quase 20cm de altura e largura de 3 a 12cm; são de formato piriforme, cilíndrico ou alongado, cuja cor varia, predominantemente, desde o amarelo pálido ao vermelho intenso.

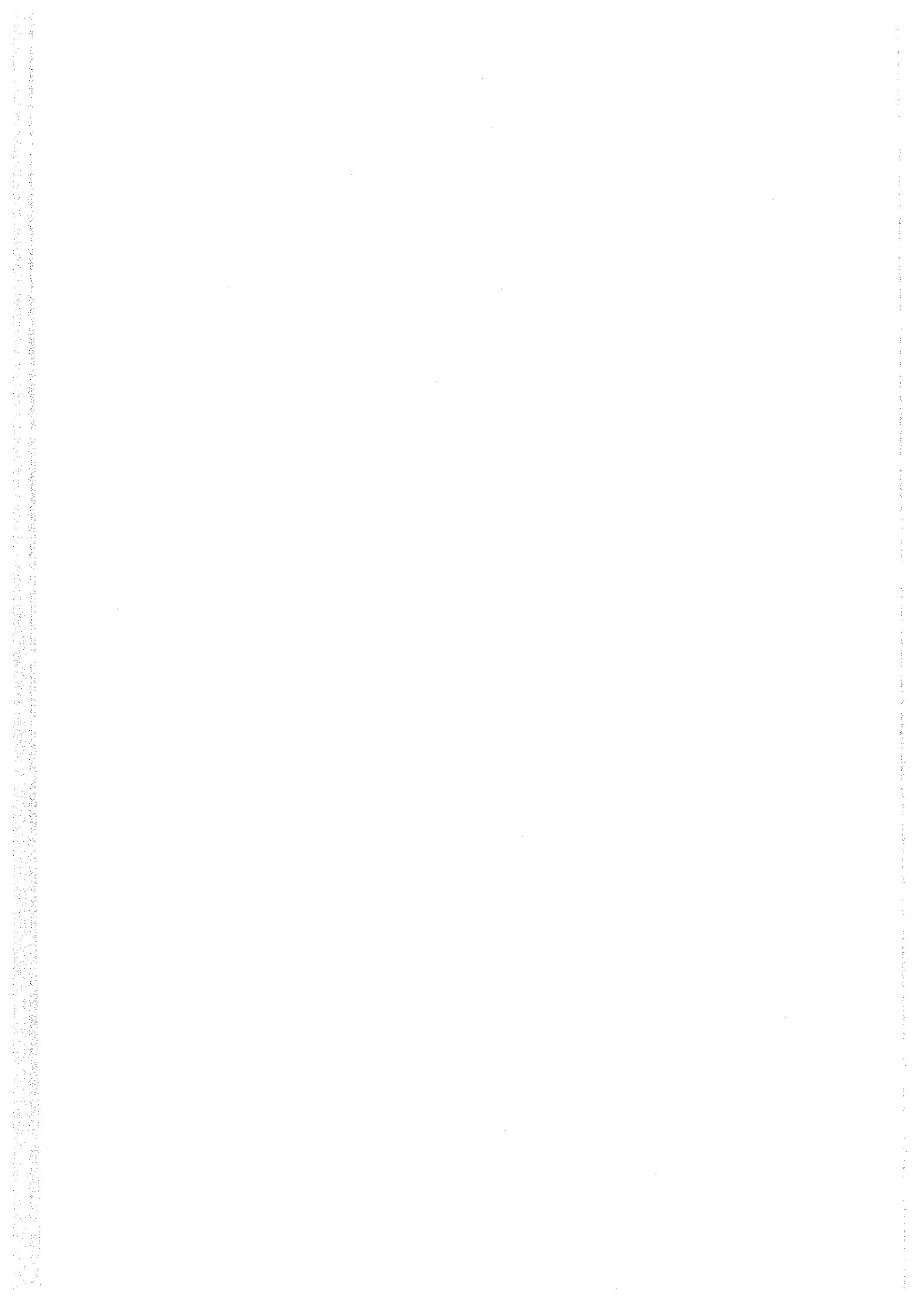
A frutificação ocorre sobretudo no período seco; porém, vale a pena salientar que no Cajueiro Anão Precoce se prolonga por mais dois meses, quando comparado com o tipo comum; estudos revelam que, quando irrigado, sua produção pode se estender durante 8 a 10 meses (COSTA, 1986; BARROS, 1988; BARROS, 1995; CENTEC, 2004).

3.4. Irrigação na cultura do cajueiro

De acordo com Crisóstomo et al. (2001a,b), o desenvolvimento da irrigação na cultura do cajueiro está relacionado com o emprego de clones melhorados de Cajueiro Anão Precoce em sistemas de cultivos adensados, controle fitossanitário eficiente e utilização de fertilizantes, de forma equilibrada. Oliveira et al. (1997) ressaltam que o cajueiro responde significativamente à irrigação, sendo que a produtividade do Cajueiro Anão Precoce irrigado pode alcançar até 4.600 kg de castanhas por hectare, no quarto ano de produção, com um incremento de 1.153% em relação ao cajueiro comum sob sequeiro, e ter o período de colheita ampliado para dez meses.

Dentre os métodos de irrigação atualmente em uso, a microirrigação (irrigação localizada) é o mais recomendável para o cajueiro anão em função da economia de água, devido: à maior eficiência de irrigação; à economia de energia em função de menores vazões e pressões utilizadas; por possibilitar a fertirrigação e reduzir a ocorrência de plantas daninhas e doenças foliares, não interferindo nas pulverizações, capinas e colheitas (CRISÓSTOMO et al., 2001a; CRISÓSTOMO et al., 2001b, MIRANDA, 2005b). Esse tipo de irrigação tem, como desvantagem, a necessidade de filtragem da água para evitar o entupimento dos emissores, cujo custo inicial é mais elevado que o dos outros sistemas; além disso esse custo inicial maior é recuperado em poucos anos, devido ao menor desgaste de operação do sistema. Miranda (2005b) recomenda o uso de um emissor por planta na microaspersão, com uma vazão nominal de 30 a 70 L h⁻¹ e diâmetro molhado de 3,5 a 5,0 m. Para a irrigação por gotejamento, o autor indica que devem ser utilizados, no mínimo, dois gotejadores por planta, sendo que em plantas adultas cultivadas em solos argilosos se indica um mínimo de quatro gotejadores e, em solos arenosos, o uso de até oito unidades.

Na irrigação localizada a filtragem é fundamental para melhorar a qualidade da água, impedindo os entupimentos e garantindo melhor distribuição, ao longo das tubulações (CRISÓSTOMO et al., 2001b). A vazão de um emissor poderá ser reduzida ao longo do tempo, em razão de obstruções, provocando a diminuição do volume de água fornecida à planta e/ou à área abastecida pelo emissor obstruído,



reduzindo a eficiência do sistema de irrigação e a uniformidade de distribuição de água.

3.4.1. Manejo da irrigação

O manejo da irrigação na cultura do Cajueiro Anão Precoce está relacionado à frequência e à quantidade de aplicação de água, baseado no tipo de solo, na idade do cultivo, na eficiência do sistema de irrigação e nas condições climáticas. Crisóstomo et al. (2001b) e Miranda (2005b) ressaltam que a necessidade de água do cajueiro, quando irrigado por sistemas de microirrigação, pode ser estimada a partir dos dados climáticos locais, segundo a Equação 1:

$$V = (ET_o \times K_c \times K_r \times A) / E_a \quad (\text{Eq. 1})$$

donde:

V = volume de água por planta, por dia;

ET_o = evapotranspiração potencial de referência, em mm/dia;

K_c = coeficiente de cultivo;

K_r = coeficiente de redução da evapotranspiração;

A = área ocupada por planta, em m²;

E_a = eficiência de aplicação do sistema de irrigação.

A evapotranspiração de referência (ET_o) pode ser estimada a partir dos dados climáticos diários da região, segundo o método FAO Penman-Monteith, Tanque Classe A, Hargreaves e Samani (1985), entre outros. Na Tabela 1 são representados os valores de coeficientes de cultivo (K_c) e de coeficientes de redução da evapotranspiração (K_r) para o Cajueiro Anão Precoce. O K_r deve ser definido a partir do coeficiente de cobertura do solo (CS), que representa a porcentagem de superfície do solo coberta pela cultura, ou a partir da porcentagem da superfície do solo molhada na irrigação, o que for maior (MIRANDA, 2005b).

Tabela 1. Coeficientes de cobertura do solo (CS), de cultivo (Kc) e de redução da evapotranspiração (Kr) em função da cobertura do solo, para o Cajueiro Anão Precoce

Variável	1º ano	2º ano	3º ano	4º ano	5º ano em diante
CS (%)	5 a 10	10 a 25	25 a 40	40 a 60	60 a 65
Kc	0,50	0,55	0,55	0,60	0,65
Kr	0,1 a 0,2	0,2 a 0,3	0,3 a 0,5	0,5 a 0,7	0,7 a 0,8

Fonte: Miranda (2005b)

donde:

Kc - Coeficientes de cultivo ajustados para o cajueiro;

CS (%) - Porcentagem da superfície do solo coberta pela cultura;

ETc - Evapotranspiração da cultura, em mm.dia⁻¹;

Kr - Coeficiente de redução da evapotranspiração.

3.5. Efeito do estresse hídrico nos vegetais

Sob manejo adequado e em condições ambientais favoráveis, a produtividade das culturas pode exceder consideravelmente os rendimentos atuais. Plaut (1994) ressalta que essas grandes variações em produtividade podem ser devidos a três grupos de fatores, sobretudo: diferenças de potencial produtivo das variedades cultivadas; tecnologia de produção empregada e exposição a fatores ambientais que ocasionam estresses às plantas.

Pires et al. (2001) destacam que a falta ou o excesso de água afeta negativamente o crescimento, a sanidade e a produção das plantas, sendo o estresse hídrico fator limitante na produção agrícola. O organismo submetido a um estresse, definido por Taiz e Zeiger (2004) como sendo fator externo que exerce influência desvantajosa sobre a planta, e atravessa uma sucessão de fases características. Segundo Larcher (2000), o início do distúrbio é seguido pela perda da estabilidade de estruturas e componentes celulares, além das funções vitais e, caso o fator de estresse perdure, haverá resposta da planta como forma de

adaptação, conhecida como fase de aclimação; contudo, isto requer gasto energético, resultando em redução do crescimento. Quando a intensidade ou a duração do estresse supera a capacidade de resposta da planta, um estado de exaustão pode ocorrer, ocasionando a sua morte. Devido uma grande extensão do Nordeste estar localizada no semi-árido brasileiro, constata-se que o déficit hídrico é uma situação comum na agricultura resultando, assim, em decréscimo de crescimento e produção das culturas (LECOEUR e SINCLAIR, 1996). Esta limitação é responsável por 60 a 70% da variabilidade final da produção, sem se considerar os efeitos extremos (ORTOLANI e CAMARGO, 1987).

O primeiro e mais visível efeito do déficit hídrico é a diminuição da turgescência e do alongamento celular, afetando diretamente o crescimento da planta. O metabolismo das proteínas e dos aminoácidos é logo restringido. Muitos desses efeitos conduzem a mecanismos de adaptação das plantas ao ambiente. Taiz e Zeiger (2004) classificam os mecanismos de resistência à seca como: 'adiamento da dissecação' ou a habilidade para manter a hidratação dos tecidos; 'tolerância à dissecação' ou a capacidade para manter as atividades vitais enquanto desidratada e, 'escape', um atributo de algumas plantas que as habilita terminarem o seu ciclo, da germinação à produção de novas sementes, dentro de um período de algumas semanas, depois de uma forte chuva. Uma vez que as plantas não podem fugir de condições adversas, é fácil compreender por que muitos mecanismos de resistência a estresses ambientais se desenvolveram, particularmente no reino vegetal.

3.5.1. Estratégias de adaptação ao estresse hídrico

Em geral, as plantas herbáceas são constituídas de 85-90% de água, com potencial hídrico relativamente alto ($\Psi_w \geq -15$ bar). O potencial hídrico da atmosfera é inferior ao da planta, comumente em várias centenas de bars, fazendo com que gere um gradiente de potencial hídrico entre a planta e a atmosfera ($-\Delta\Psi$) o que conduz à perda de água por transpiração. A intensidade da transpiração depende de alguns fatores, como umidade do solo, temperatura e umidade atmosférica, além das características da planta (MOHR e SCHOPFER, 1995).

Caso a intensidade da transpiração esteja muito alta, as perdas de água podem ser bastante superiores à capacidade de recuperação do estado hídrico, ou seja, de absorção de água pelas raízes, condições em que o potencial hídrico (Ψ_w) na planta cai rapidamente e um déficit de água surge, caracterizando o estresse hídrico. Em dias quentes, todavia, é natural que nas horas de maior temperatura o Ψ_w foliar diminua bastante em relação ao do solo mas, durante a noite, na ausência de transpiração (a maioria das plantas se encontra com os estômatos fechados), havendo água disponível no solo a planta continua a absorve-la, até que o gradiente de potencial entre a água do solo e da planta diminua, restabelecendo, assim, sua turgescência. Nas condições em que a umidade evapotranspirada não é repostada, é possível observar o desenvolvimento dos sintomas de estresse hídrico nas plantas; além da redução do Ψ_w , outros sintomas característicos podem ser constatados como resultado de reações passivas, como murchamento, inibição da fotossíntese e, ativas, como a acumulação de osmólitos e o fechamento estomático, dentre outros. Cairo (1995) destaca que, a medida em que o solo vai secando, as recuperações noturnas do Ψ_w foliar vão atingindo valores cada vez menores; com agravamento do déficit hídrico no solo, nem mesmo dispendo de toda a noite a planta consegue se reidratar suficientemente.

Conforme Taiz e Zeiger (2004), os mecanismos de resistência podem ser divididos em vários tipos; primeiro, pode-se distinguir entre 'adiamento da dissecação', ou seja, a habilidade para manter a hidratação dos tecidos, e 'tolerância à dissecação', ou a capacidade de manter a integridade das estruturas e o funcionamento de processos vitais, enquanto desidratada; esses mecanismos são, às vezes, chamados tolerância à seca a potenciais de água altos e baixos. A literatura mais antiga usa, freqüentemente, o termo 'evitação de seca' em lugar de 'tolerância à dissecação'; este último termo é mais adequado porque seca é uma condição meteorológica tolerada pelas plantas que a ela sobrevivem, e não evitadas; uma terceira categoria, escape à seca, inclui plantas que completam o ciclo de vida, da germinação à produção de novas sementes, dentro de um período de algumas semanas, depois de uma forte chuva; elas sobrevivem ao período seco em forma de sementes extremamente tolerantes à dissecação; desta forma, apenas esta última categoria evita a seca.

Entre as plantas sensíveis a dissecação se distinguem as que economizam e as que não economizam água. As 'poupadoras' fecham os estômatos, aprofundam o sistema radicular, diminuem o tamanho das células, aumentam o espessamento da camada cerosa da cutícula foliar etc, ou seja, usam mais eficientemente a água, armazenando uma parcela para ser posteriormente usada em condições hídricas adversas e completar seu ciclo de vida. As 'gastadoras' consomem excessivamente a água (RAVEN et al., 2001; TAIZ e ZEIGER, 2004). Essas estratégias de resistência a seca variam com as condições edafoclimáticas. A produtividade das plantas sob déficit hídrico depende do total de água disponível e da eficiência de uso de água pela planta. Uma planta capaz de absorver mais água ou que a use mais eficientemente, resistirá melhor à seca. Algumas plantas possuem adaptações, como as plantas C₄ e CAM, que as permitem explorar ambientes mais áridos.

Quando o déficit hídrico se desenvolve lentamente de modo que permita o desencadeamento de processos adaptativos, o estresse hídrico tem vários efeitos sobre o crescimento, destacando-se a limitação da expansão das folhas. Embora a área foliar seja importante porque a fotossíntese é, normalmente, proporcional a ela, a rápida expansão das folhas pode afetar adversamente a disponibilidade de água. No caso da precipitação só ocorrer durante o inverno, com a chegada do verão a disponibilidade de água decresce rapidamente, podendo ocasionar rápida expansão da área foliar, ocasionando depleção de água mais cedo e, em consequência, umidade residual reduzida no solo, para a planta completar seu ciclo de vida; nesta situação, só plantas que armazenam água a para usar fim de usá-la posteriormente na estação seca para reprodução ou aquelas que completam seu ciclo de vida antes do início da seca (escape à seca) produzirão sementes para a próxima geração. A situação é diferente se as chuvas de verão são significantes, e, todavia, irregulares, caso em que uma planta com área foliar plena ou as capazes de expandirem rapidamente sua área foliar, passam a tirar proveito dos verões úmidos ocasionais. Uma estratégia de aclimação nesses casos é a capacidade de crescimento vegetativo e florescimento em períodos longos; essas plantas possuem hábito de crescimento indefinido, em contraste com as que desenvolvem determinado número de folhas e possuem período de florescência curto (TAIZ e ZEIGER, 2004).

3.5.2. Resposta fisiológica da planta ao estresse hídrico

3.5.2.1. Redução da expansão da área foliar

Com o déficit de água no solo o conteúdo de água na planta também diminui, fazendo com que suas células encolham e as paredes relaxem. Esta diminuição do volume celular resulta em baixa pressão hidrostática ou turgor. O agravamento do estresse aumenta a perda de água e, por conseguinte, o protoplasma das células se contrai, tornando-se mais concentrado. A membrana protoplasmática fica mais grossa e delgada, porque cobre, agora, uma área menor. A perda de turgor é o primeiro efeito biofísico do estresse hídrico; por isto, as atividades dependentes do turgor são as mais sensíveis a este fator de estresse. A expansão ou alongamento celular é um processo dependente do turgor; portanto, é extremamente sensível ao déficit hídrico (LARCHER, 2000; TAIZ e ZEIGER, 2004).

A inibição do alongamento celular ocasionada pelo estresse hídrico, leva a uma redução da velocidade de expansão foliar, aumentando a eficiência de uso de água pela planta devido à diminuição da perda de água por transpiração, de modo que a umidade no solo pode ser usada por um período mais longo (LAWLOR et al., 1981). Nesmith e Ritchie (1992) e Silva et al. (1998a) também observaram redução da área foliar com a diminuição da água aplicada no milho e no algodão, respectivamente.

Autores como Cairo (1995) e Bergamashi (1999) ressaltam que a baixa disponibilidade de água no solo pode provocar redução de área foliar, por secamento ou queda das folhas, como forma de adaptação a esta situação adversa, uma vez que diminui a transpiração mas também diminui o crescimento e a produção da planta, em virtude da diminuição da fotossíntese líquida.

3.5.2.2. Senescência e abscisão foliar

O déficit hídrico aumenta a senescência das folhas uma vez que o solo seco não pode fornecer nitrogênio suficiente para suprir as necessidades de crescimento da cultura; então, o nitrogênio do interior da planta é retranslocado das folhas mais

velhas para os pontos de crescimento; entretanto, a intensidade da senescência depende da quantidade de nitrogênio no solo, das reservas e da demanda de nitrogênio pelas partes novas da planta (WOLFE et al., 1988). A abscisão foliar durante condições de déficit hídrico é resultado, em grande parte, do aumento na síntese do etileno em tecidos vegetais. Este ajuste de área foliar melhora a aptidão da planta em sobreviver sob estresse hídrico (TAIZ e ZEIGER, 2004). Esta redução do número de folhas com o agravamento do déficit hídrico na planta, segue o mesmo comportamento da redução da expansão foliar, já relatado por Nesmith e Ritchie (1992), Silva et al. (1998a) e Bergamashi (1999).

3.5.2.3. Aumento da camada cerosa na cutícula foliar

Como forma de adaptação ao estresse hídrico a planta produz uma cutícula mais grossa, reduzindo a perda de água através da epiderme foliar, processo denominado transpiração cuticular. Uma cutícula mais espessa também diminui a permeabilidade para o CO₂ sem, contudo, haver efeitos sobre a fotossíntese, que não é afetada, uma vez que as células epidérmicas subcuticulares não a realizam. Taiz e Zeiger (2004) destacam que a transpiração cuticular responde apenas por 5 a 10% da transpiração total da folha; assim, este mecanismo só é significativo se o estresse hídrico for extremamente severo ou quando a cutícula tenha sofrido algum tipo de injúria.

3.5.2.4. Fechamento dos estômatos

Quando a planta já alcançou sua área foliar total e de repente entra em uma situação de estresse hídrico, outros mecanismos a protegem da dissecação imediata; um desses mecanismos é o fechamento dos estômatos, fazendo com que se reduzam as perdas de água por transpiração (CAIRO, 1995). A abertura e o fechamento estomático são controlados pela absorção e perda d'água nas células-guarda; são células que podem perder água diretamente por evaporação e perder seu turgor, caracterizando o fechamento hidropassivo dos estômatos, conforme Taiz e Zeiger (2004). Outro mecanismo é o chamado fechamento hidroativo, que fecha os

estômatos quando a folha inteira ou as raízes apresentam sinais de desidratação, e depende de processos metabólicos nas células-guarda. Este mecanismo induz a uma saída de solutos das células-guarda, resultando em perda d'água e diminuição do turgor, ocasionando o fechamento estomático.

De forma inversa e em resposta a um déficit hídrico, as células-guarda perdem solutos, resultando em diminuição do potencial osmótico (Ψ_s) e do potencial hídrico (Ψ_w) e, conseqüentemente, perda de água das células-guarda e fechamento estomático. A relação entre o déficit de água na folha e/ou raízes, a perda de solutos pelas células-guarda e o fechamento dos estômatos, parecem ser obra de um hormônio vegetal denominado ácido abscísico (ABA). Ocorre aumento na síntese de ABA quando o potencial da água das células-guarda é inferior a -10bar. O ABA poderia atuar no sentido de anular o efeito da menor concentração de CO_2 , impedir a absorção de K^+ ou acelerar sua perda e impedir a expulsão de H^+ ; esta última parece ser a hipótese mais aceita. O impedimento na expulsão de H^+ provocaria um bloqueio da absorção de K^+ ou aceleraria sua perda; o resultado final seria o fechamento dos estômatos induzido pelo aumento do potencial osmótico e do potencial da água, bem como pela diminuição do potencial de pressão com redução na turgescência das células-guarda (FERREIRA, 1988; TAIZ e ZEIGER, 2004).

A resposta dos estômatos à desidratação foliar pode variar amplamente entre espécies e mesmo dentro de uma espécie. Os estômatos de algumas espécies que adiam a desidratação, como o feijão caupi (*Vigna unguiculata*) e a mandioca (*Manihot esculenta*), são extraordinariamente sensíveis à redução da disponibilidade de água; à condutância estomática e, por conseguinte, à transpiração, diminuindo tanto a ponto do potencial hídrico na folha permanecer quase constante durante seca moderada. Em algodão (*Gossypium hirsutum*), fatores como o suprimento de nitrogênio afetam a acumulação e/ou a redistribuição de ABA, prejudicando significativamente o poder de resposta dos estômatos ao déficit hídrico (AWAD e CASTRO, 1983; FERREIRA, 1988; HARTUNG et al., 1988; STACCIARINI-SERAPHIN, 2004; TAIZ e ZEIGER, 2004).

3.5.2.5. Limitação da fotossíntese

A taxa de fotossíntese das folhas (expressa por unidade de área da folha) raramente é tão sensível ao estresse hídrico moderado como o é a expansão foliar. O fechamento dos estômatos no estágio inicial do estresse pode aumentar a eficiência de uso de água em razão de inibir mais a transpiração, que diminui a concentração intercelular de CO₂, apesar do CO₂ ser obtido por unidade de água transpirada; ademais, a desidratação de células do mesófilo inibe a fotossíntese, porém, quando o estresse é intensificado a eficiência de uso de água normalmente diminui e a inibição do metabolismo das células do mesófilo é mais forte. As limitações do fechamento estomático sobre a fotossíntese podem ser superadas por altas concentrações externas de CO₂ mas qualquer efeito direto do estresse hídrico sobre o metabolismo das células do mesófilo não será eliminado pelo fornecimento adicional de CO₂ (BOYER, 1970; RAO et al., 1987; TAIZ e ZEIGER, 2004).

3.5.2.6. Alteração na dissipação de energia nas folhas

Devido ao alto calor específico da água tem-se que, com a perda de água, ocorre a queda também da temperatura foliar. Em climas típicos do semi-árido nordestino, as folhas de plantas irrigadas podem manter um gradiente de temperatura com a atmosfera, sendo possível identificar se as plantas precisam de água, simplesmente tocando as folhas, porque uma folha transpirando plenamente é distintamente fresca ao toque. Quando o estresse hídrico restringe a transpiração, a folha se aquece como consequência da obstrução à dissipação de calor para a atmosfera, a menos que outro processo compense este déficit. Por causa dessas interações, o estresse hídrico e o estresse ocasionado pelo calor excessivo são intimamente relacionados. A manutenção da temperatura foliar substancialmente inferior à do ar, requer evaporação de grande quantidade de água; logo, adaptações que reduzam a temperatura foliar por outros meios que não a transpiração, são bastante efetivas na conservação da água. Quando a transpiração é lenta e a temperatura foliar se eleva além da do ar, alguma energia extra da folha é dissipada como perda de calor sensível diminuindo, assim, a eficiência do metabolismo energético da planta (CAIRO, 1995; FERREIRA, 1988).

Muitas plantas de climas áridos possuem folhas pequenas, as quais minimizam a resistência da camada limite da folha à transferência de calor para a atmosfera. Em virtude da baixa resistência dessa camada, as folhas pequenas tendem a permanecer com temperatura próxima à do ar, mesmo quando a transpiração é fortemente reduzida; em contraste, folhas grandes têm maior resistência da camada limite e, portanto, dissipam menos energia térmica (por unidade de área foliar) por transferência direta; esta limitação pode ser compensada por movimentos da folha, que provêm proteção adicional contra o aquecimento durante o estresse hídrico. Outros fatores que podem alterar a interceptação da radiação solar incluem murchamento, que muda o ângulo da folha em relação ao sol, e o enrolamento do limbo foliar, que reduz a área de exposição ao sol (TAIZ e ZEIGER, 2004).

3.5.2.7. Ajustamento osmótico das células

Quando o solo seca seu potencial matricial fica mais negativo; contudo, as plantas podem continuar a absorver água do solo, desde que o potencial de água de suas células radiculares esteja mais baixo que o do solo. O ajustamento osmótico, ou a acumulação de solutos nas células, é o processo pelo qual a planta diminui o seu potencial hídrico sem redução de turgor. As mudanças no potencial hídrico nos tecidos são resultados, em grande parte, de variações da componente osmótica. É importante não se confundir ajustamento osmótico com o aumento relativo da concentração de solutos em função da desidratação celular. O ajuste osmótico é um aumento líquido no conteúdo de solutos da célula e independe da mudança do volume celular, enquanto a segunda situação resulta da perda de água. A redução do Ψ_s é tipicamente limitada entre 0,2 e 0,8 MPa, excetuando-se em plantas adaptadas a condições extremas de seca. O ajuste se caracteriza pelo aumento na concentração de uma variedade de solutos, como açúcares, ácidos orgânicos e íons, especialmente o K^+ . O aumento da concentração de íons no citoplasma inibe severamente a ação de várias enzimas. A acumulação de íons durante o ajustamento parece acontecer principalmente dentro do vacúolo celular, onde os íons não ocasionam prejuízos às atividades enzimáticas do citoplasma. Com o objetivo de manter o equilíbrio de potencial hídrico entre o suco vacuolar e o

citoplasma, solutos orgânicos tendem a se acumular no citoplasma, sendo compatíveis com as enzimas e organelas ali presentes, não interferindo nas funções enzimáticas (CAIRO, 1995; FERREIRA, 1988; LARCHER, 2000; TAIZ e ZEIGER, 2004).

Ao longo de vários dias, porém, outras mudanças, como a alteração da intensidade e do padrão de crescimento, assim como na fotossíntese, também acontecem mas ainda existem algumas dúvidas se o ajustamento osmótico é uma resposta independente e direta ao estresse hídrico, ou se é resultado de outro fator, como a redução da taxa de crescimento; entretanto, folhas em que as células são capazes de realizar esse ajuste podem manter o turgor em potenciais de água no solo muito mais baixos do que as que não se ajustam osmoticamente. A manutenção do turgor habilita a continuação do alongamento celular, facilitando maior condutância estomática em níveis baixos de potenciais de água, proporcionando a captação de CO₂ para a fotossíntese e, sendo assim, o ajustamento osmótico é uma espécie de aclimatação para aumentar a tolerância à desidratação (LARCHER, 2000; TAIZ e ZEIGER, 2004).

A maioria da água extraída do solo provém dos microporos, de onde é removida pelas raízes. Sempre que o solo vai secando, esta água vai sendo usada, restando armazenada apenas uma pequena fração, que é fortemente retida nos microporos. O ajustamento osmótico permite, à planta, extrair uma quantidade maior desta água fortemente retida nos microporos; todavia, o aumento da água disponível pode ser pequeno; assim, o custo do ajustamento osmótico para a folha é compensado por um pequeno aumento na disponibilidade de água para a planta. Em qualquer dia após a última irrigação, as folhas de beterraba mantiveram potencial hídrico mais baixo que as do caupi; todavia, a fotossíntese e a transpiração durante o período de estresse eram apenas ligeiramente maiores na beterraba. A diferença principal entre as duas plantas era o potencial hídrico foliar. Esses resultados levam a crer que o ajuste osmótico promove maior tolerância à desidratação, mas não exerce efeito tão significativo sobre a produtividade (REICHARDT, 1985; GUERRA, 2000; LIBARDI, 2000).

O ajustamento osmótico também ocorre em células radiculares; porém, a magnitude absoluta do ajuste é menor nas raízes que em folhas; tais mudanças em

geral só aumentam ligeiramente a extração de água do solo seco mas o ajuste osmótico nas células do meristema radicular aumenta o turgor, permitindo à raiz manter o crescimento e se aprofundar no solo em busca de água (REICHARDT; 1985; LARCHER, 2000; TAIZ e ZEIGER, 2004).

3.5.2.8. Alteração do padrão de crescimento da planta

Quando a absorção de água é reduzida a expansão foliar é imediatamente afetada; entretanto, a atividade fotossintética não é logo tão inibida. A inibição da expansão foliar reduz o consumo de carbono e a energia da parte aérea; além disso, proporção maior de fotoassimilados é alocada para o crescimento adicional do sistema radicular, como forma de adaptação a esta situação adversa (LARCHER, 2000; TAIZ e ZEIGER, 2004).

O meristema apical das raízes situadas na porção seca do solo, geralmente as das camadas mais superficiais, perde turgor e elas são então suberizadas, ao mesmo tempo em que ocorre proliferação de raízes novas nas camadas mais profundas e úmidas do solo. Assim, é comum se constatar sistema radicular raso, quando todas as camadas do solo são úmidas, e profundo em condições de seca, caracterizando uma adaptação do vegetal ao estresse hídrico. Este comportamento fica bem visível ao se estudar a relação raiz/parte-aérea (R/PA), em que geralmente se percebe um aumento dessa relação com a diminuição da disponibilidade de água no solo (CAIRO, 1995; FERREIRA, 1988; TAIZ e ZEIGER, 2004).

A diferença nos padrões de crescimento da planta pode ser fisiologicamente explicada pela menor sensibilidade das raízes ao ABA, em relação à parte aérea; além disso, o ABA favorece indiretamente o crescimento das raízes em condições de estresse hídrico devido à sua acumulação de prolina; esta acumulação ajuda a manutenção do turgor na região apical das raízes em crescimento, habilitando-as a crescerem, mesmo em baixos potenciais de água no solo. Curiosamente, o incremento na absorção de água como resultado do crescimento radicular, é menos pronunciado nas plantas em estágio fenológico reprodutivo que em estágio vegetativo; este fato ocorre porque, normalmente, o fruto predomina como

alternativa de dreno para os assimilados, em detrimento das raízes. De acordo com Taiz e Zeiger (2004), esta competição por assimilados se constitui em uma explicação para a maior sensibilidade das plantas ao estresse hídrico durante a fase reprodutiva.

3.5.2.9. Aumento da resistência ao fluxo de água

Quando um solo seca, sua resistência ao fluxo de água aumenta, principalmente se a tensão da água se aproximar do ponto de murcha permanente, de forma geral, observado quando a água do solo alcança potencial próximo - 1,5MPa; nesta situação, o suprimento de água para as raízes é extremamente lento para permitir reidratação dos tecidos do vegetal, porém o solo não é a única fonte de resistência ao fluxo; na realidade, tem-se constatado, sob vários níveis de déficit hídrico, uma resistência ainda maior dentro da própria planta (BLIZZARD e BOYER, 1980; REICHARDT; 1985; GUERRA, 2000; TAIZ e ZEIGER, 2004).

Vários fatores podem contribuir para o aumento da resistência ao fluxo de água na planta durante o evento de depleção de água no solo. A medida em que as células perdem água, elas encolhem, devido ao deslocamento da membrana plasmática da parede celular; quando isto ocorre nas células radiculares, pode promover um descolamento da superfície das raízes das partículas do solo, danificando os pêlos absorventes. Como o prolongamento das raízes se torna cada vez mais lento à medida em que o solo seca, a camada exterior do córtex da raiz recebe uma camada extra de suberina, contribuindo para aumentar a resistência ao fluxo de água (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Outro fator significativo que aumenta a resistência ao fluxo é a cavitação, ou seja, a quebra da coluna de água que, freqüentemente ocorre sob estresse hídrico severo. Com a transpiração, porém, as folhas perdem água, e geram uma tensão que puxa a coluna d'água presente no xilema. As forças adesivas, necessárias para suportar as grandes tensões, apenas são efetivas em colunas muito estreitas, nas quais a água se adere às paredes. A cavitação se inicia a potenciais de água moderados (-1 a -2 MPa) na maioria das plantas, ocorrendo primeiro nos vasos de maior diâmetro; desta forma, em árvores de maior diâmetro os vasos maiores param

de funcionar, quando então os vasos de menores diâmetros produzidos durante o período de estresse hídrico, passam a conduzir o fluxo da transpiração. Esta troca tem conseqüências duradouras; até mesmo se a planta for reumedecida, o caminho original de baixa resistência permanece não funcional, reduzindo a eficiência de fluxo hídrico (TAIZ e ZEIGER, 2004).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização do experimento

O experimento foi conduzido sob condições de casa de vegetação pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em Campina Grande, PB, cujas coordenadas geográficas, são: latitude 7°15'18" sul e longitude 35°52'28" leste, com altitude de 556m e temperatura média de 25 °C. Tem-se, na Figura 1 as médias mensais das temperaturas obtidas na casa de vegetação durante a pesquisa (SIQUEIRA, 2003).

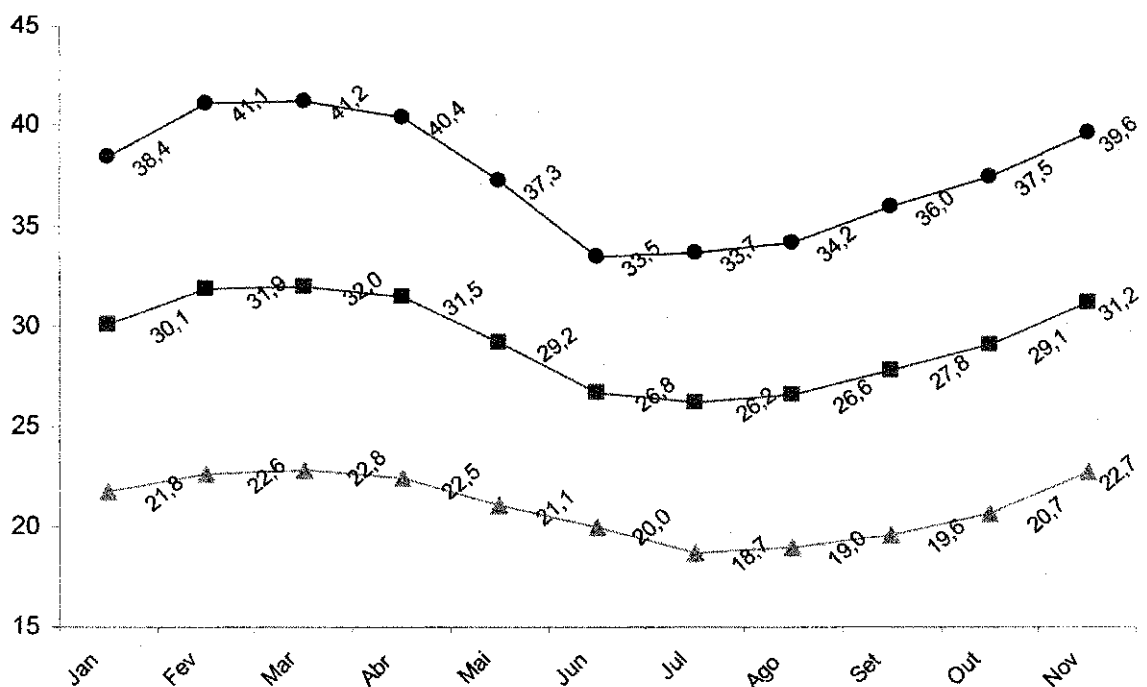


Figura 1. Médias das temperaturas máxima, mínima e média nos respectivos meses. Campina Grande, PB, 2007

4.2. Espécie e clone

O Cajueiro Anão Precoce (*Anacardium occidentale* L.) foi pesquisado através de mudas enxertadas, tendo o clone CCP 76 como enxerto e o CCP 06 como porta-enxerto, provenientes da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE.

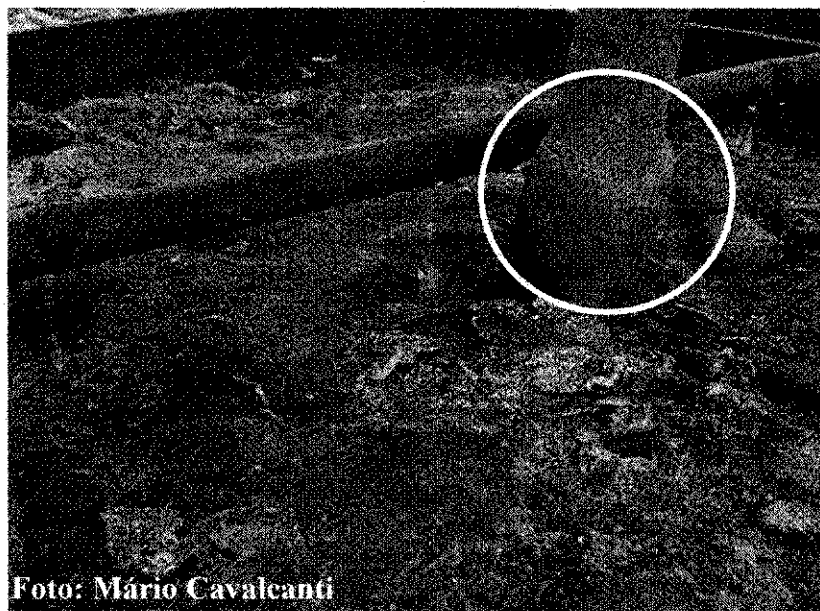


Figura 2. Planta formada por enxertia na forma de garfagem fenda cheia, utilizada no experimento. Campina Grande, PB, 2007

4.3. Tratamentos e delineamento estatístico

Os tratamentos resultaram da combinação entre quatro lâminas de irrigação ($L_1 = 40$, $L_2 = 55$, $L_3 = 70$ e $L_4 = 85\%$ da Evapotranspiração da cultura - ETC) distribuídas em três épocas diferentes (A – Transplântio até a floração; B – Floração até o início da produção; C – Produção), formando os seguintes tratamentos: L_1A , L_2A , L_3A , L_4A , L_1B , L_2B , L_3B , L_4B , L_1C , L_2C , L_3C , L_4C . O L_5 foi acrescido como testemunha, cujas parcelas não receberam estresse algum durante todo o primeiro ano de ciclo do cajueiro.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em um esquema fatorial $4 \times 3 + 1$, com três repetições, perfazendo 13 tratamentos e 39 parcelas compostas de dois vasos, totalizando 78 vasos (Figura 3).



Figura 3. Localização do experimento com disposição dos vasos na casa-de-vegetação. Campina Grande, PB, 2007

A distância entre blocos e entre parcelas de um mesmo bloco foi de 1,8m; considerando as duas plantas de uma mesma parcela, utilizou-se um espaçamento de 1,3m, sendo medido a partir do centro de cada vaso (Figura 4).

Fez-se o transplântio em 1º de novembro de 2005, mas as plantas só começaram a receber a lâmina do seu respectivo tratamento apenas em 1º de fevereiro de 2006, ou seja, todas as plantas ficaram recebendo água de forma uniforme por 90 dias como forma de adaptação.

De acordo com a fase fenológica da cultura, as Fases A, B e C foram distribuídas da seguinte forma:

- **Fase A ou Fase inicial de desenvolvimento:** 1º de fevereiro a 30 de junho de 2006, correspondendo a 150 dias, entre 90 e 240 dias após o transplântio (DAT).
- **Fase B ou Fase de floração:** 1º de julho a 02 de setembro de 2006, correspondendo a 64 dias, entre 241 e 305 DAT.
- **Fase C ou Fase de produção:** 03 de setembro a 1º de novembro de 2006, correspondendo a 54 dias, entre 306 e 360 DAT.

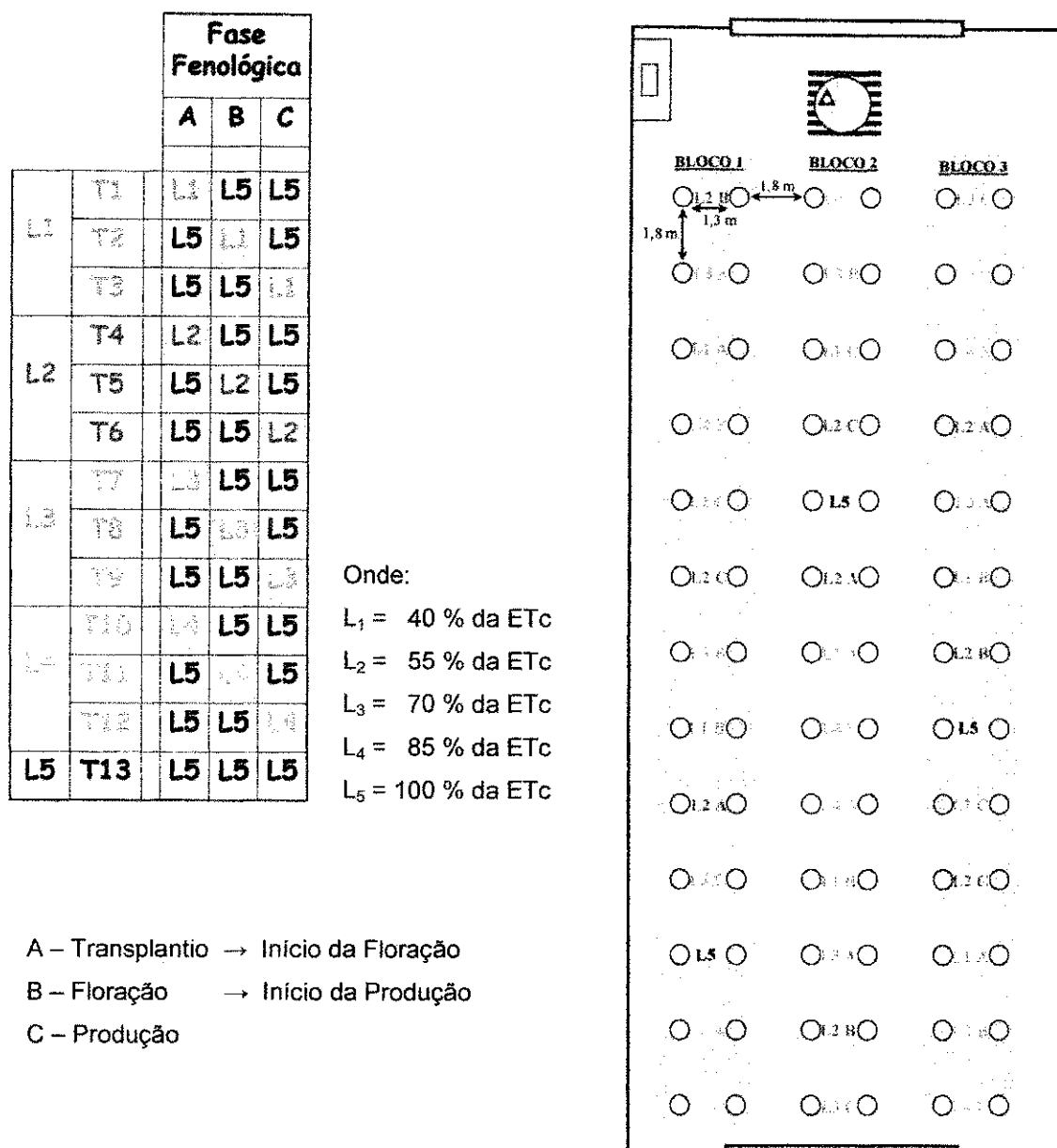


Figura 4. Distribuição dos tratamentos utilizados e croqui da área. Campina Grande, PB, 2007

4.4. Recipientes e substrato

Neste estudo foram utilizados vasos plásticos com 57 cm de diâmetro e 70 cm de altura, com capacidade para 150 litros. Os recipientes foram perfurados na base, para facilitar a coleta da água de drenagem, sendo preenchidos primeiro com uma camada de 3 kg de brita e depois com 5 kg de areia, visando facilitar a drenagem, evitando-se perda de solo. No orifício perfurado na base de cada vaso se ajustou uma mangueira de conduíte com 20 cm de comprimento e 1,2 cm de

diâmetro interno, fixada por meio de adesivo massa epóxi, visando à condução da água de drenagem para um recipiente plástico com capacidade de 1,8 litro, de cor opaca, de forma a dificultar a proliferação de algas em seu interior.

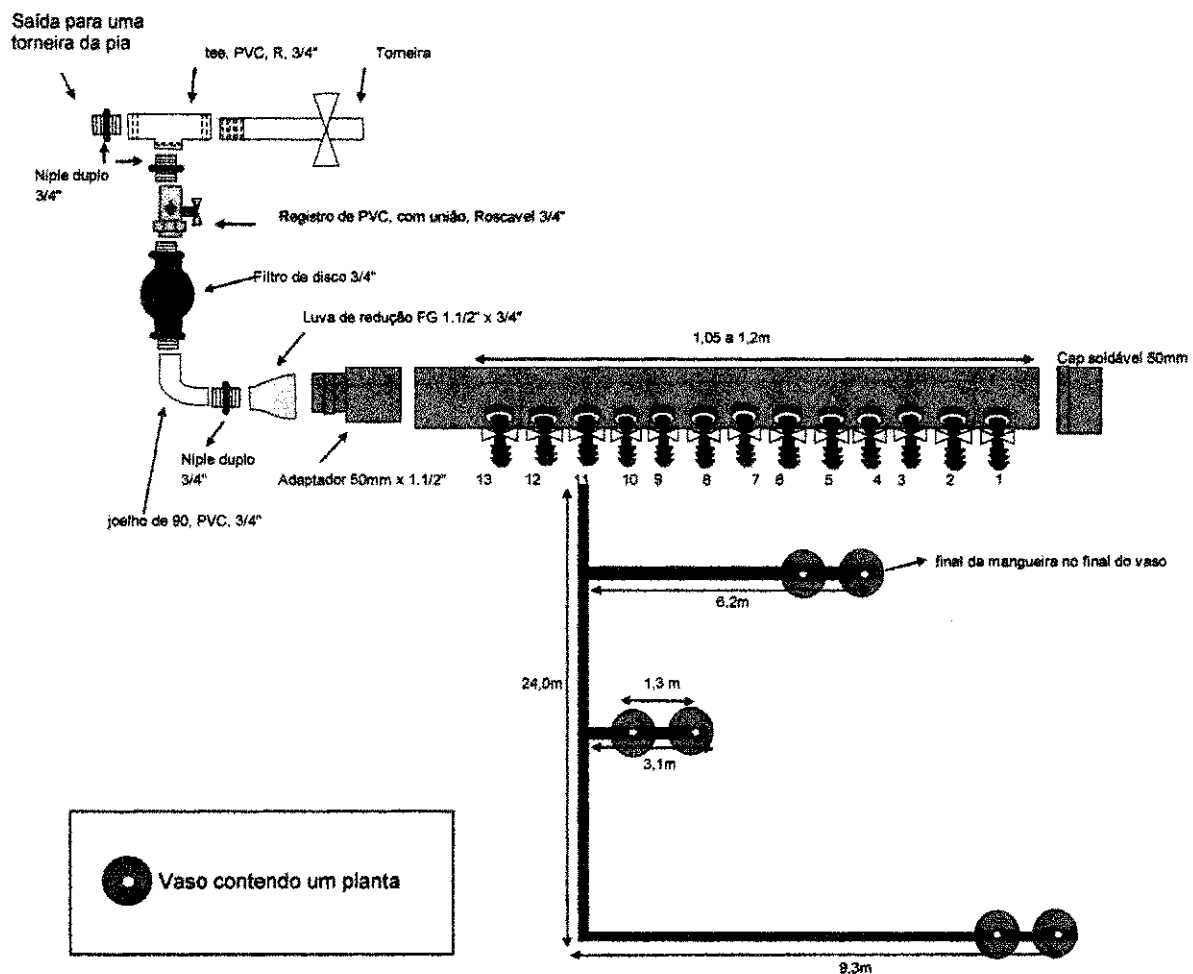
Utilizou-se, como substrato para o enchimento dos vasos, um material de solo franco, não salino, cujas características químicas e físico-hídricas constam no Quadro 1, conforme análises realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) da UFCG, seguindo-se metodologias propostas por Richards (1954) e Embrapa (1997).

Quadro 1. Características químicas e físico-hídricas do material de solo utilizado como enchimento dos vasos. Campina Grande, PB, 2007

Características químicas		Valor
Complexo sortivo ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	Cálcio	2,96
	Magnésio	2,13
	Sódio	0,15
	Potássio	0,28
	Hidrogênio	0,00
	Alumínio	0,00
	Soma de bases (S)	5,52
Matéria orgânica, g kg^{-1}		0,84
Fósforo, mg dm^{-3}		10,39
pH em água (1:2,5)		7,54
Condutividade elétrica (suspensão solo-água) – dS m^{-1}		0,22
Classificação em relação à salinidade		Não salino
Características físico-hídricas		Valor
Granulometria (g kg^{-1})	Areia	697
	Silte	113
	Argila	190
Classificação textural		Franco Arenoso
Densidade aparente, g cm^{-3}		1,53
Densidade real, g cm^{-3}		2,72
Porosidade Total %		43,98

4.5. Sistema de irrigação

A irrigação foi feita por sistema de gotejamento, em que para cada um dos treze tratamentos se colocou um registro de onde partiu uma mangueira de 16 mm que controlava a irrigação de seis vasos (dois de cada bloco), conforme Figura 5. Cada planta foi irrigada por três gotejadores da marca Katif (tipo botão) autocompensante, espaçados 10 cm, tendo cada gotejador uma vazão de $2,3 \text{ L h}^{-1}$, o que corresponde a $6,9 \text{ l h}^{-1}$ de água aplicada em cada vaso. Para que o gotejador trabalhasse sempre com esta vazão, foi necessário que a pressão na tubulação estivesse entre 8 e 35 m.c.a.; tendo-se instalado um manômetro na linha principal para que antes e durante cada irrigação a pressão fosse medida, evitando-se que se fizesse uma irrigação com a pressão fora desses limites, o que acarretaria uma diferença na vazão de cada gotejador, descaracterizando a pesquisa.



Lay-out: Soahd Arruda Rached Farias

Figura 5. Esquema do sistema de irrigação por gotejamento instalado na casa-de-vegetação. Campina Grande, PB, 2007

Quadro 2. Características químicas da água de abastecimento utilizada na irrigação do experimento. Campina Grande, PB, 2007

Características químicas	Data da análise de água	
	20/01/2006	09/10/2006
CÁTIONS (mmol_c L⁻¹)		
Na	1,66	1,55
K	0,14	0,14
Ca	0,91	1,00
Ca + Mg	1,41	1,30
ÂNIONS (mmol_c L⁻¹)		
CO ₃	0,12	0,00
HCO ₃	1,57	1,30
Cl	2,20	2,21
CARCTERISTICAS		
pH	8,42	7,47
Sulfato	Ausente	Ausente
CE (25°C) dS m ⁻¹	0,41	0,39
Classificação	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁

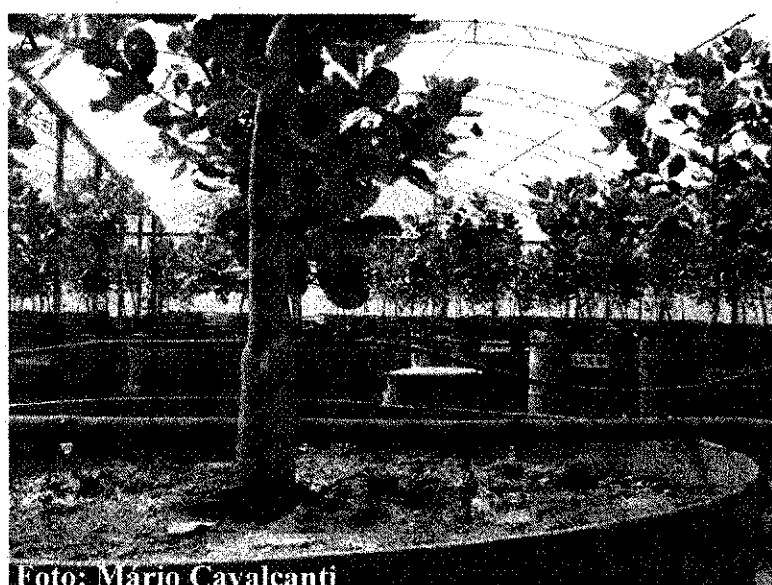


Foto: Mário Cavalcanti

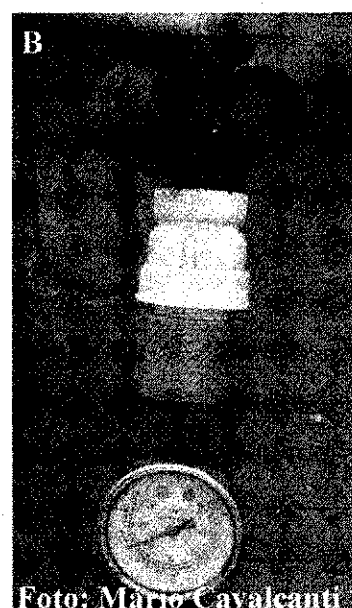


Foto: Mário Cavalcanti

Figura 6. A – Detalhe da irrigação com três gotejadores por planta; B – detalhe do manômetro utilizado durante as irrigações. Campina Grande, PB, 2007

4.6. Preparo do solo e transplântio

A preparação do material de solo se deu durante o mês de outubro, distribuindo-se 200 g de P_2O_5 por recipiente na forma de superfosfato simples, como indicam Crisóstomo et al. (2001b) (Tabela 2). O superfosfato simples não foi aplicado nos primeiros 25 cm de solo, uma vez que, a essa profundidade, seria feito o transplântio e a Embrapa Agroindústria Tropical recomenda que as mudas não entrem em contato com nenhum adubo químico, nessa operação.

Dois dias antes do transplântio a umidade do solo foi elevada a nível de capacidade de campo. O transplântio foi realizado no dia 1º de novembro de 2005 selecionando-se as mudas mais uniformes. Cada muda foi retirada do respectivo tubete e colocada em um orifício aberto no centro da superfície do material de solo do vaso. Após o transplântio, fez-se uma irrigação objetivando-se manter o solo em capacidade de campo.

4.7. Avaliação da uniformidade de aplicação de água

A avaliação da uniformidade de aplicação de água foi baseada em recomendações de Vermeirein e Jobling (1986), medindo-se a vazão de um gotejador por planta, escolhido aleatoriamente, a partir da qual se calculou a vazão média de todos os gotejadores (q_{med}) e também a vazão média dos 25% com vazão mais baixa ($q_{25\%}$), para então se proceder ao cálculo do coeficiente de uniformidade (CUD), através da Equação 2:

$$CUD = (q_{25\%}/q_{med}) \times 100 \quad (Eq. 2)$$

De acordo com Vermeirein e Jobling (1986), o coeficiente de distribuição do sistema de irrigação localizada deve ser maior que 85%; valores menores são indicativos de problemas no dimensionamento do sistema, na qualidade de fabricação dos emissores ou no funcionamento do sistema de irrigação. Neste experimento, o coeficiente de distribuição foi de 93,7 %. Como ressalta Miranda (2005a) e (2005b), a eficiência de aplicação depende ainda da eficiência do solo

para armazenar água e das perdas inevitáveis por percolação profunda que ocorrem nas irrigações, sendo necessário o cálculo através da Equação 3.

$$E_a = CUD \times E_s \quad (\text{Eq. 3})$$

em que:

E_a = eficiência de aplicação na irrigação localizada (%);

CUD = coeficiente de uniformidade do sistema (%);

E_s = eficiência associada à capacidade do solo para armazenar água ($E_s = 0,95$ para solos de textura média).

Depois de feito todo este cálculo, obteve-se o valor de 89% para a eficiência de aplicação na irrigação do cajueiro; esta avaliação foi feita a cada 90 dias mas os valores sempre foram próximos, visto que, toda vez que um gotejador apresentava alguma diferença em relação aos demais, o mesmo era substituído.

4.8. Adubação

As adubações de plantio e formação seguiram as recomendações de Crisóstomo et al. (2001b) (Tabela 2) sendo, entretanto, as quantidades fracionadas, diluídas e aplicadas a cada 15 dias via água de irrigação, visando-se diminuir as perdas por percolação.

Tabela 2. Recomendações de adubação mineral para Cajueiro Anão Precoce sob irrigação

Adubação	N (g planta ⁻¹)	P solo (mg dm ⁻³)			K solo (mmol _c dm ⁻³)		
		0 a 12 P ₂ O ₅ (g planta ⁻¹)	13 a 30	> 30	0 a 1,5	1,6 a 3,0	> 3,0
Plantio	0	200	150	100	-	-	-
Formação							
0-1 ano	60	-	-	-	60	40	20
1-2 anos	80	200	150	100	100	60	40
2-3 anos	150	250	200	120	140	100	60
3-4 anos	200	300	250	150	180	140	80

Fonte: Crisóstomo et al. (2001b)

4.9. Estimativa da evapotranspiração

Inicialmente, a evapotranspiração de referência (ET_o) diária foi calculada a partir de três métodos, objetivando-se escolher o que melhor se adaptasse às condições de estudo; esses métodos, foram o de Penman-Monteith, Tanque Classe "A" e pela metodologia de Hargreaves e Samani (1985).

Para o cálculo da ET_o através do método de Penman-Monteith (PEREIRA et al., 1997a), utilizou-se o software SEVAP, desenvolvido no Departamento de Ciências Atmosféricas/CTRN, da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

O cálculo da ET_o através de tanque foi realizado a partir de leituras diárias em um Tanque Classe "A", localizado no interior da casa-de-vegetação, junto às plantas, conforme Figura 7.



Foto: Murilo Cavalcanti
Figura 7. Detalhe do experimento com o Tanque Classe "A".
 Campina Grande, PB, 2007

A ET_o determinada a partir do Tanque Classe "A" (DOORENBOS e PRUITT, 1997; SANTOS et al., 2004) foi obtida com a medição diária (entre as 08:00 e 09:00 hs) da evaporação (EV), multiplicada pelo coeficiente do tanque (K_p), segundo a Equação 4.

$$ET_o = K_p \times EV \quad (\text{Eq. 4})$$

donde K_p é o coeficiente do tanque baseado na umidade relativa do ar (UR), conforme Quadro 3.

Quadro 3. Valores de Kp de um Tanque Classe "A" em função de diferentes níveis de umidade relativa.

Valores de Kp do Tanque Classe A		
UR %		
Baixa	Média	Alta
< 40%	40 - 70 %	> 70 %
0,70	0,80	0,85

FONTE: Oliveira et al. (2003b)

Instalou-se, no centro da casa de vegetação, um termômetro de máxima e mínima, para obtenção de leituras diárias da temperatura objetivando-se calcular a ETo pela metodologia de Hargreaves e Samani (1985), a partir da Equação 5.

$$ETo = 0,0023.Qo. (T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n})^{0,5} . (T+17,8) \quad (\text{Eq. 5})$$

onde: Qo = radiação no topo da atmosfera (mm.d⁻¹) (Pereira et al., 2001).

T_{máx} = temperatura máxima do dia (°C)

T_{mín} = temperatura mínima do dia (°C)

T = temperatura média do dia (°C)

Durante o terceiro mês do experimento (janeiro/2006), calculou-se a ETo pelos três métodos (Penman-Monteith, Tanque Classe "A" e metodologia de Hargreaves e Samani), obtendo-se o gráfico representado na Figura 8, abaixo:

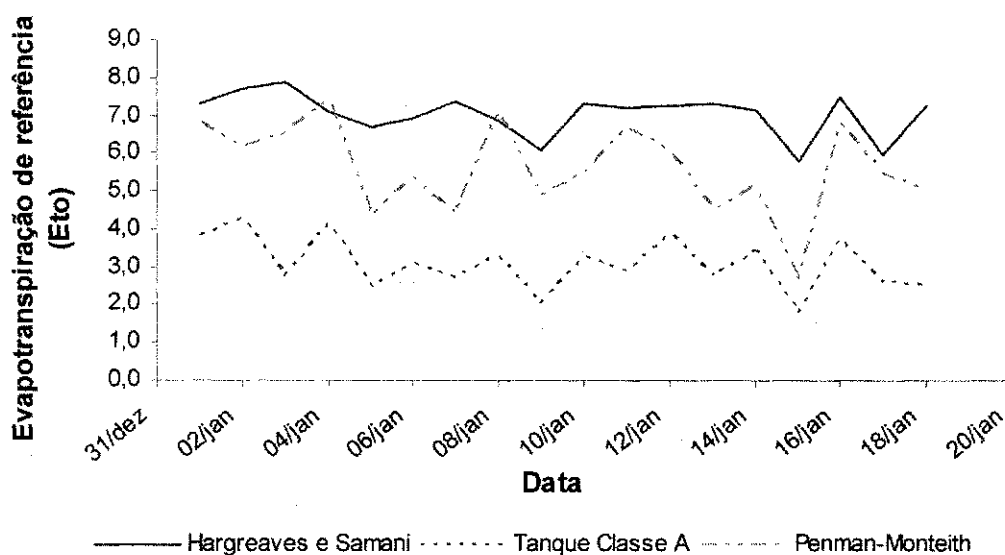


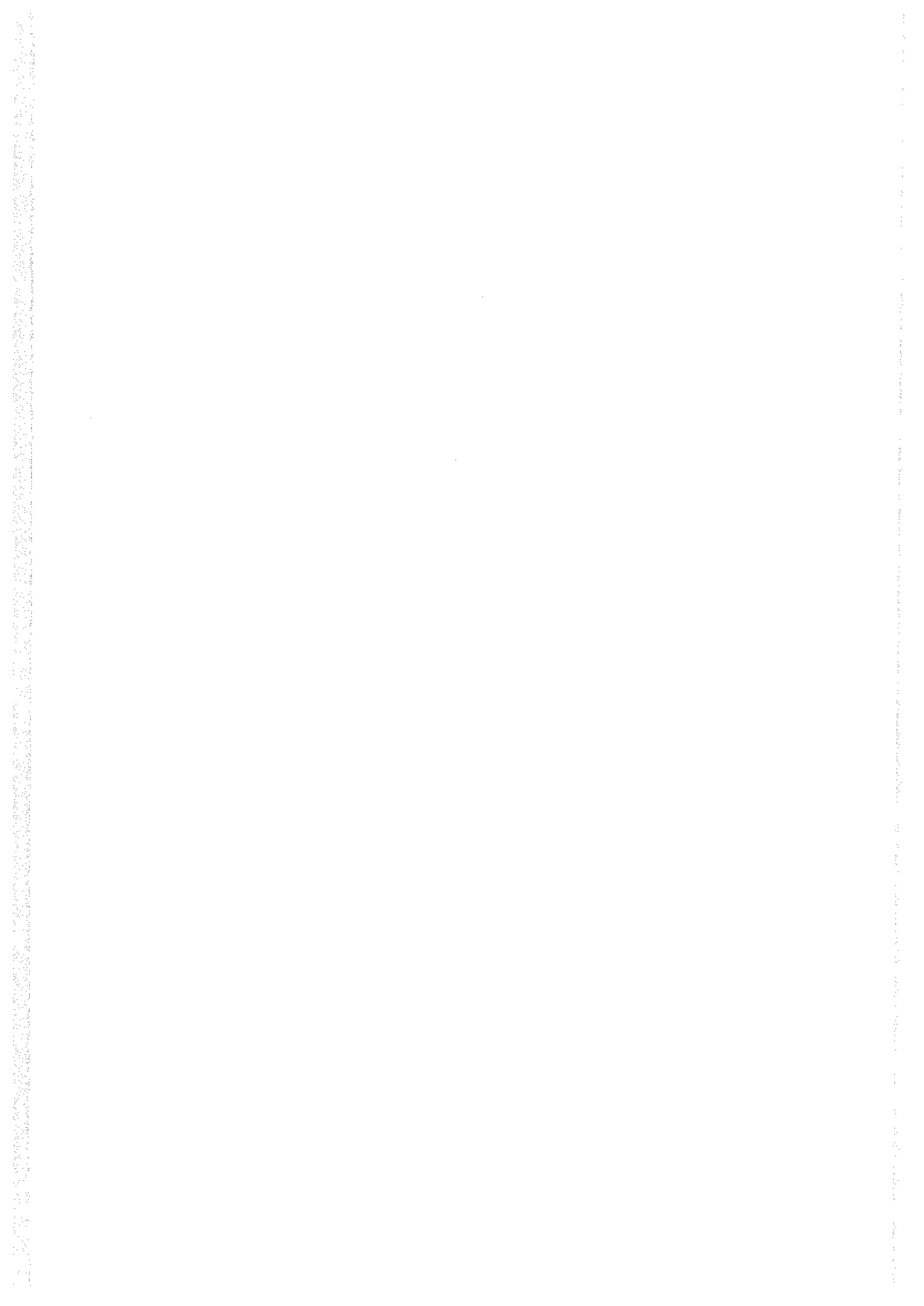
Figura 8. Comparativos entre os três métodos (Hargreaves e Samani, Penman-Monteith, Tanque Classe "A") de estimativa da ETo. Campina Grande, PB, 2007

Decidiu-se, ante este pré-estudo, realizar as irrigações do referido experimento utilizando-se da metodologia de Hargreaves e Samani (1985), uma vez que as outras duas subestimaram a ET_o , devido, provavelmente ao ambiente fechado no qual foi conduzida a pesquisa. Diariamente e entre as 08:00 e 09:00 hs da manhã, eram medidas as temperaturas máxima e mínima, cujos valores eram lançados em uma planilha do Microsoft Excel, contendo o K_c indicado para a cultura. Com a entrada de dados, a referida planilha fornecia a lâmina a ser reposta em cada tratamento e o tempo de funcionamento do sistema de irrigação também por tratamento. Para o cálculo da evapotranspiração da cultura (ET_c) se utilizou inicialmente, da Equação 6, obtendo-se o K_c da Tabela 1.

$$ET_c = ET_o \cdot K_c \quad (\text{Eq. 6})$$

Com o desenvolvimento da planta se percebeu que a quantidade de água estimada não atendia às necessidades da planta, devido ao desenvolvimento muito rápido, enquanto a lâmina a ser reposta continuava praticamente a mesma do início do experimento, uma vez que o K_c indicado para o primeiro ano da cultura é de 0,5 (OLIVEIRA et al., 2003b; MIRANDA, 2005a). Para exemplificar o exposto, constatou-se que em um ano a altura média da planta passou de 61,8 cm para 129,2 cm (109% de acréscimo), ou seja, considerando-se a Equação 6, mesmo depois de todo esse crescimento, se as temperaturas máxima e mínima fossem as mesmas, o volume estimado de água para irrigação também seria o mesmo.

Sentiu-se, após o exposto, a necessidade de se calcular um fator de correção a ser utilizado para se evitar um possível estresse hídrico a que as plantas poderiam ser submetidas, além das lâminas já em estudo; sendo assim, a partir do final da primeira Fase, sempre na primeira semana de cada mês, as plantas testemunhas ($L_5 - 100\%$ da ET_c) eram irrigadas diariamente, calculando-se o consumo com base na diferença entre o volume irrigado e o volume drenado. Diariamente e durante cada um desses sete dias, o volume obtido era dividido pelo volume indicado pela planilha obtendo-se, desta forma, o fator de correção (F_c) para a cultura do cajueiro cultivado em ambiente protegido, conforme se observa no Quadro 4.



Quadro 4. Valores do fator de correção (F_c), para cálculo da evapotranspiração da cultura em ambiente protegido. Campina Grande, PB, 2007

Idade da cultura	Mês	F_c
8º mês	Junho	1,3
9º mês	Julho	2,0
10º mês	Agosto	2,8
11º mês	Setembro	3,7
12º mês	Outubro	4,6
13º mês	Novembro	4,6

Para o cálculo da lâmina a ser reposta (L_r), utilizou-se a Equação 8, obtida a partir da Equação 7.

$$L_r = E_{To} \cdot K_c \cdot F_c \quad (\text{Eq. 7})$$

$$L_r = E_{Tc} \cdot F_c \quad (\text{Eq. 8})$$

4.10. Frequência de irrigação

Segundo Miranda (2005b), o turno de irrigação (T_i) ou frequência das irrigações, depende da capacidade de retenção de água no solo, da percentagem de área molhada pelos emissores e da evapotranspiração da cultura. O autor ressalta que nas condições da Região Nordeste do Brasil, o turno de irrigação para o cajueiro-anão irrigado por microirrigação deve variar entre um dia para solos arenosos e até quatro dias para solos argilosos.

Nesta pesquisa, o turno de irrigação foi de três dias, conforme recomendações de Miranda (2005b), uma vez que o solo utilizado foi de textura média e o estudo foi localizado em ambiente protegido.

Conforme já mencionado, as lâminas das irrigações eram calculadas a partir da Equação 8, obtendo-se o tempo de funcionamento do sistema em cada tratamento, com o uso de planilha Excel.

4.11. Variáveis analisadas

As avaliações foram realizadas a cada 30 dias, exceto a de produção, sendo estudadas as seguintes variáveis.

4.11.1. Avaliações de crescimento

- Altura de planta (AP) e diâmetro do caule (DC)

A altura da planta foi mensurada do colo da planta à gema apical do ramo mais alto. Para medição do diâmetro do caule utilizou-se um paquímetro com leituras a dois centímetros acima da enxertia.

- Número de folhas (NF) e área foliar (AF)

Na contagem das folhas foram consideradas aquelas com comprimento mínimo de 3,0 cm.

Selecionou-se, para a avaliação da área foliar (AF) o ramo médio de cada planta, medindo-se o comprimento (C) e a largura (L) de cada folha; através da relação $AF = (C \times L)f$ (fator "f" = 0,6544), encontrada por Carneiro et al. (2002), se calculou a área foliar média por planta e, em seguida, este valor foi multiplicado pelo número de folhas da respectiva planta, obtendo-se a AF total.

4.11.2. Avaliações fisiológicas

- Eficiência quântica do fotossistema II (EQF-II)

Conforme Asrar et al. (1984), citados por Righes et al. (2003), a radiação eletromagnética, ao interagir com os objetos da superfície terrestre, pode ser absorvida, refletida, transmitida e/ou emitida por eles, sendo que a proporção de

cada componente depende de fatores inerentes a cada objeto e das condições ambientais.

A quantidade de energia refletida por uma planta é relacionada às suas características intrínsecas, mas pode ser alterada se a planta for submetida a estresses, tais como: déficit hídrico, desequilíbrio nutricional e doenças, dentre outros; portanto, o estudo da energia refletida e/ou emitida pelos objetos pode ser utilizado como identificador de cada tipo de objeto e de suas condições (MOREIRA, 2003).

A medição da eficiência quântica do fotossistema II (EQF-II) foi realizada no final de cada Fase, utilizando-se o instrumento PEA II (Hansatech Instruments Co., UK) (Figura 9) através da relação entre a fluorescência variável e a fluorescência máxima (FV/FM), com as medições das variáveis de fluorescência realizadas na terceira folha mais nova de um dos ramos de cada planta (Figura 10), sendo a região da leitura submetida previamente ao escuro, durante 30 minutos (DURÃES, 2000).



Foto: Mário Cavalcanti

Figura 9. Painel do instrumento PEA II (Hansatech Instruments Co., UK). Campina Grande, PB, 2007



Foto: Mário Cavalcanti

Figura 10. Medição da eficiência quântica do fotossistema II (EQF-II) através do instrumento PEA II (Hansatech Instruments Co., UK). Campina Grande, PB, 2007

- Resistência estomática (RESIST)

A medição da resistência estomática foi realizada no final do ciclo, por meio de porômetro, escolhendo-se também a terceira folha mais nova de um dos ramos de cada planta.

4.11.3. Avaliações de produção

- Número de frutos e produção por planta

A partir da Fase de produção (Fase C) foram contados e pesados, diariamente, todos os frutos maduros (pedúnculo + castanha) coletados, obtendo-se o peso da matéria fresca total (PMFTot) (castanha + pedúnculo); após separação, selecionou-se um fruto médio por parcela, de forma a se obter o peso da matéria fresca do pedúnculo (PMFPed), da matéria fresca da castanha (PMFCast), e produção total por planta (PTotal).

- Comprimento e diâmetro médio do pedúnculo

Diariamente foram medidos o comprimento (CMPed) e o diâmetro médio dos pedúnculos (DMPed), calculado a partir da média aritmética entre o diâmetro apical (DA) e o diâmetro basal (DB) (Figura 11) das mesmas amostras que foram selecionadas para obtenção do PMFPed.; para medição dessas variáveis utilizou-se um paquímetro.

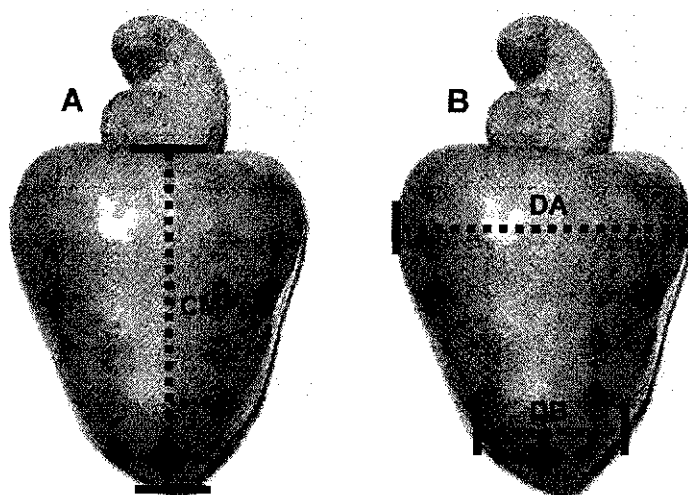


Figura 11. Ilustração das medições: A - Comprimento médio do pedúnculo; B - Diâmetro apical (DA) e diâmetro basal (DB). Campina Grande, PB, 2007

- Matéria seca do pedúnculo

Após a pesagem, o pedúnculo que foi utilizado para avaliar o PMFPed, foi cortado em vários pedaços, em recipiente de alumínio (tipo quentinha) e levado à estufa de circulação de ar, permanecendo a uma temperatura de 70°C até atingir peso constante, obtendo-se o peso da matéria seca do pedúnculo (PMSPed).

- Sólidos solúveis totais (° Brix)

Em cada coleta se mediu o ° Brix de um pedúnculo por planta, selecionando-se o primeiro terço (região basal) que foi cortado e pressionado sobre o refratômetro digital, conforme Figura 12.

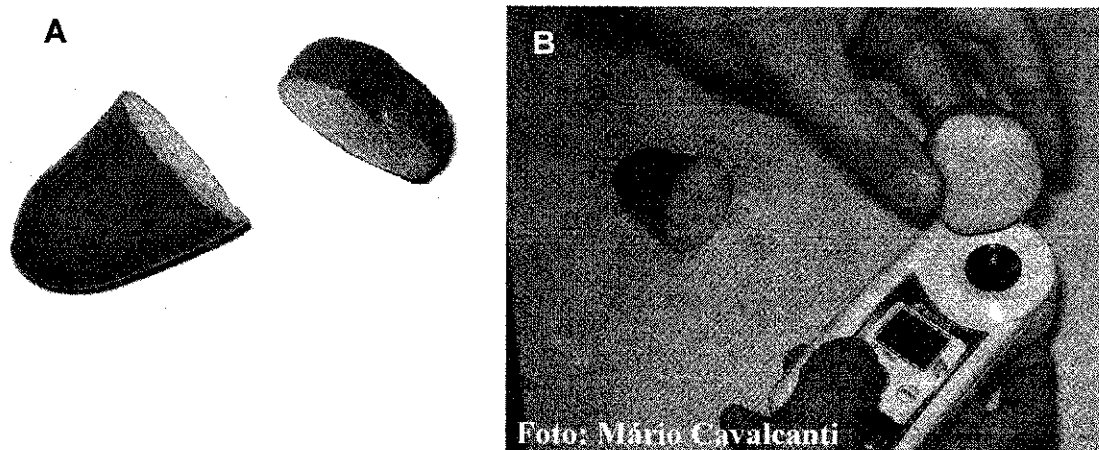


Figura 12. Ilustração da leitura do ° Brix: A – corte do pedúnculo; B – leitura do ° Brix no refratômetro digital. Campina Grande, PB, 2007

4.12. Análise estatística

Para estimação de parâmetros em modelos de regressão não lineares, isto é, aqueles não linearizáveis foram obtidos valores iniciais dos parâmetros para acelerar a convergência do método de estimação utilizado através do método “MARQUARDT”, bastante citado nos estudos envolvendo modelos não lineares (HOFFMANN, 1998).

Neste trabalho se utilizou o modelo sigmóide $Y_i = \alpha / (1 + e^{-(\beta + \theta t_i)}) + E_i$ em que α , β e θ são parâmetros a serem estimados, sendo $\alpha > 0$ e $\theta > 0$.

Os dados das variáveis fisiológicas e de produção foram analisados através de variância e teste 'F'. Para o fator lâminas de irrigação, por ser de natureza quantitativa, realizou-se a análise de regressão polinomial e, para o fator época, se aplicou o teste de Tukey ($p < 0,05$) para comparação das médias (FERREIRA, 2000).

As variáveis de crescimento (altura de planta, diâmetro do caule e número de folhas) foram analisadas por estudos de regressão não linear, especialmente o modelo sigmóide conhecido também por regressão logística (HOFFMANN, 1998). Para a área foliar, usou-se um modelo de regressão polinomial cúbica, uma vez que, normalmente, não se utiliza o modelo logístico para a área foliar em virtude da senescência foliar (CALBO et al., 1989a e 1989b; FERREIRA, 2000).

Todas as análises estatísticas foram procedidas pelo SAS, versão 9.1.3, através dos procedimentos “PROC GLM e PROC NLIN” (SAS/STAT, 2000).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Variáveis de crescimento do cajueiro

A análise de crescimento é um meio acessível e preciso a partir do qual se pode avaliar o crescimento e inferir sobre a contribuição de diferentes processos fisiológicos no desempenho do vegetal, levando-se em contas, principalmente, que cerca de 90% da matéria seca acumulada pelas plantas durante o seu crescimento resultam da atividade fotossintética (BENINCASA, 1988).

No estudo das variáveis de crescimento realizou-se a análise de variância para cada etapa de levantamento dos dados, optando-se por estudar a evolução deste crescimento através da análise do comportamento das plantas durante o primeiro ano de ciclo da cultura, gerando-se uma curva em função da época de estresse a que o Cajueiro Anão Precoce foi submetido em comparação com a testemunha. A análise de variância para essas variáveis de crescimento se encontra na Tabela 3.

Para as variáveis altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC) e número de folhas (NF) as equações que melhor se adaptaram ao comportamento apresentado pelas plantas são do modelo sigmóide ou modelo logístico, proposto por Hoffmann (1998); no entanto, a equação que melhor se ajustou ao comportamento da área foliar (AF) das plantas apresenta modelo polinomial (Tabela 3).

Tabela 3. Análises de variância do modelo de regressão para altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) do Cajueiro Anão Precoce. Campina Grande, PB, 2007

Causa de variância	GL	Valores de Quadrado Médio			
		Fase Inicial (Fase A)	Floração (Fase B)	Produção (Fase C)	Testemunha
Modelo logístico (AP)	3	33800,40 *	38534,30 *	38932,40 *	37152,10 *
Resíduo (AP)	7	12,24	5,65	7,97	5,40
Modelo logístico (DC)	3	1467,70 *	1769,00 *	1308,50 *	1843,80 *
Resíduo (DC)	7	0,93	0,40	0,20	0,76
Modelo logístico (NF)	3	196614,00 *	265798,00 *	358388,00 *	378208,00 *
Resíduo (NF)	7	756,40	818,20	1500,60	1902,70
Modelo polinomial cúbico (AF)	3	281589731,00 *	305507628,00 *	82619135,00 *	476133937,00 *
Resíduo (AF)	7	3484056,00	2018060,00	10329584,00	9448253,00

* Significativo ($p < 0,05$), pelo teste F

- Altura de planta

As plantas submetidas a estresse por escassez de água na Fase inicial (Fase A), dos 90 DAT até o início da floração (240 DAT), tiveram um crescimento em altura menor em relação às plantas dos demais tratamentos (Figura 13); no final desta Fase, as plantas estressadas apresentaram um incremento na altura da ordem de 76,84%, enquanto a testemunha aumentou 104,76% no mesmo período; no final do primeiro ano de ciclo a altura média das plantas deste tratamento foi semelhante à da testemunha, demonstrando que, apesar do estresse na Fase inicial do cultivo, o clone CCP 76 indicou uma retomada no crescimento em altura, o que vem confirmar as afirmações de Oliveira et al. (2003a) de que as plantas do Cajueiro Anão Precoce apresentam resistência e adaptações à falta de água.

De acordo com Larcher (2000), a diminuição na taxa de crescimento ocorre porque as plantas foram submetidas a um estresse, justamente no estágio fenológico em que estão no pico de suas atividades metabólicas. Cairo (1995), Larcher (2000) e Taiz e Zeiger (2004) frisam que a deficiência hídrica inibe a

extensão celular, pois a pressão de turgescência é inadequada, incapacitando a célula de atingir seu tamanho potencial máximo.

As plantas submetidas a estresse por diminuição da oferta de água durante a floração (Fase B), dos 240 DAT aos 300 DAT, tiveram diminuição na taxa de crescimento quando comparadas com a testemunha e com as plantas que foram estressadas na Fase inicial do cultivo; neste período essas plantas cresceram em média 8,9%, enquanto a testemunha teve um crescimento médio de 11,75% e as plantas que foram submetidas a déficit hídrico na Fase inicial (Fase A) um crescimento médio ainda maior de 16,35% (Figura 13). Este comportamento é reforçado por Crisóstomo et al. (2001b), quando recomendam rigor no suprimento de água durante a floração do Cajueiro Anão Precoce.

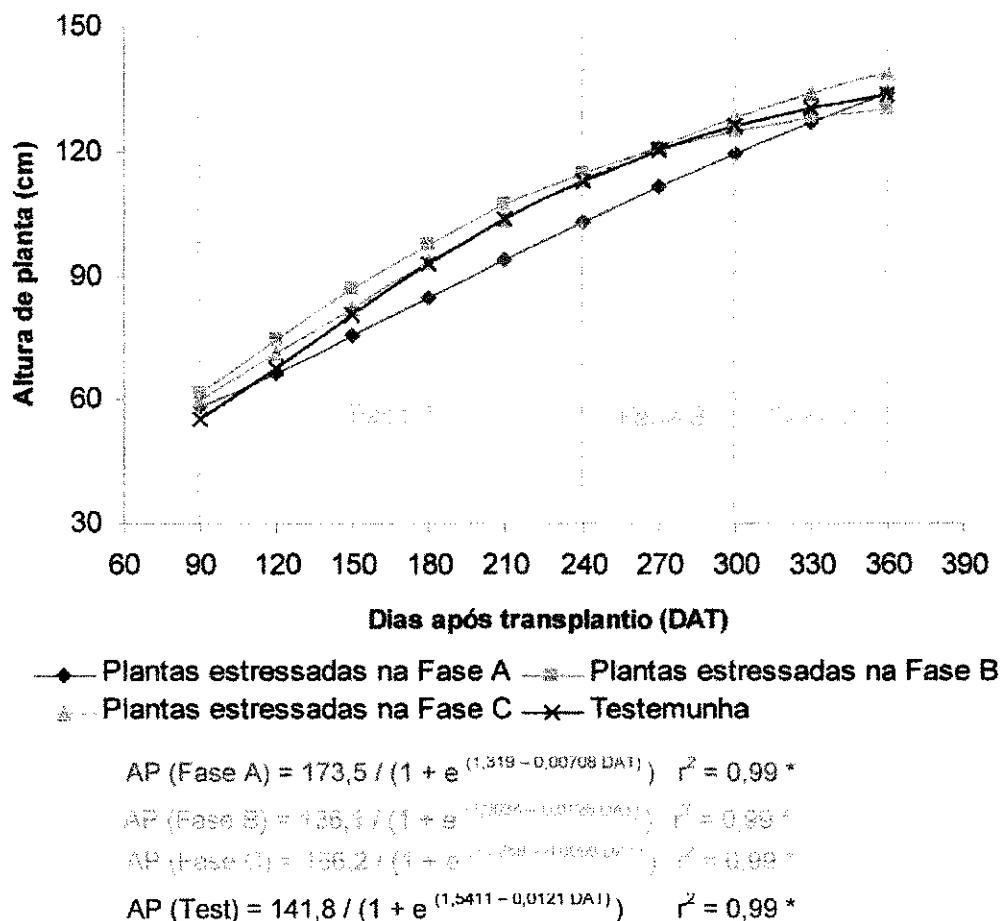


Figura 13. Evolução da altura de planta (AP) do Cajueiro Anão Precoce, no primeiro ano do ciclo, submetida a estresse hídrico em diferentes fases fenológicas. Campina Grande, PB, 2007

Ao ser submetido a estresse por escassez de água na Fase de floração, o vegetal cria mecanismos de adaptação, diminuindo sua taxa de crescimento e gastando parte de sua energia para se adaptar à quantidade de água que está sendo disponibilizada; Larcher (2000) afirma que essa paralisação no crescimento vegetativo em função da aceleração do crescimento produtivo, ocorre pelo direcionamento dos fotoassimilados produzidos para os órgãos produtivos.

A diminuição na taxa de crescimento observada nas plantas submetidas a estresse hídrico durante as Fases A e B, é explicada por Cairo (1995) e Taiz e Zeiger (2004) quando ressaltam que o primeiro e mais visível efeito do déficit hídrico nos vegetais é a diminuição da turgescência e, conseqüentemente, do alongamento celular, afetando diretamente o crescimento da planta.

Por fim, as plantas que tiveram o seu suprimento de água reduzido apenas na Fase de produção (Fase C), dos 331 aos 360 DAT tiveram, na referida Fase, um ganho de crescimento em altura de 8,27%, superando as plantas que foram estressadas durante a floração (Fase B) (4,39% de incremento na altura para este mesmo período) e a própria testemunha (incremento de 6,03%), indicando que nesta Fase a variável altura de planta não sofre tanto a influência da diminuição do suporte hídrico fornecido, como ocorreu nos tratamentos das Fases anteriores.

É importante salientar que a diminuição da taxa de crescimento em altura na produção se deve à queda das folhas pelo contínuo decréscimo da atividade metabólica e pela formação dos frutos que atuam como verdadeiros drenos de fotoassimilados (TAIZ e ZEIGER, 2004). A regularidade no fornecimento de água em quantidade oportuna e suficiente às plantas nas fases que antecedem a produção tende a influenciar positivamente muito mais o desenvolvimento do Cajueiro Anão Precoce em detrimento de possíveis perdas provocadas pela falta d'água durante o enchimento dos frutos, como pode ser visualizado na curva das plantas estressadas na Fase C, apresentado na Figura 13.

A mudança registrada a partir dos 270 DAT no comportamento da curva referente às plantas que compuseram a testemunha em relação às plantas que tiveram o fornecimento de água diminuído na Fase de produção da cultura (Face C), denotando diminuição no ganho da altura média da testemunha até o final do ciclo (360 DAT), originou-se, provavelmente, da necessidade de se realizar uma poda nos

ramos terminais de uma das repetições deste tratamento (R 01) em função da alta infestação de fumagina que afetou severamente a extremidade dos ramos produtivos, como tentativa de salvaguardar a planta após inúmeras aplicações de fungicida, não surtindo efeito sobre a doença; este comportamento detectado na média da altura da testemunha, não foi observado nas médias obtidas para as variáveis diâmetro de caule e número de folhas, com as plantas da testemunha (com 100 % de reposição da ETC) superando os demais tratamentos.

As médias de altura de plantas encontradas neste trabalho aos 360 DAT, variaram de 128 cm (plantas estressadas na Fase B) a 137 cm (plantas estressadas durante a Fase C), superando em mais de duas vezes o valor médio para altura de plantas encontrado por Ribeiro et al. (2002a) para este mesmo clone (62 cm), aos 540 dias, em cultivos de sequeiro no Piauí e os 106 cm, em média, obtidos por Ribeiro et al. (2002b), também em CCP 76 cultivado em regime de sequeiro com 540 dias, contradizendo os resultados obtidos por Mesquita et al. (2004), os quais afirmam que a irrigação em cultivos com CCP 76 não influencia as características da altura de suas plantas. Pereira et al. (1997b) obtiveram, aos 360 dias de cultivo, altura média em CCP 76 muito próxima da encontrada neste trabalho (141 cm) em áreas do Estado do Acre.

- Diâmetro do caule

Na Tabela 3 se encontra o modelo (sigmóide ou logístico) que melhor se adaptou ao comportamento observado na evolução do diâmetro de caule das plantas do Cajueiro Anão Precoce, ao longo do primeiro ano do ciclo produtivo, cujas equações e respectivos r^2 podem ser observados na Figura 14.

Sabendo-se que o diâmetro do caule é um valor primário de extrema importância em análises de crescimento não destrutivo, a análise da Figura 14 permite constatar que, assim como ocorreu para altura de planta, o diâmetro caulinar teve o seu crescimento reduzido a medida em que se diminui a oferta de água para as plantas na Fase A do experimento.

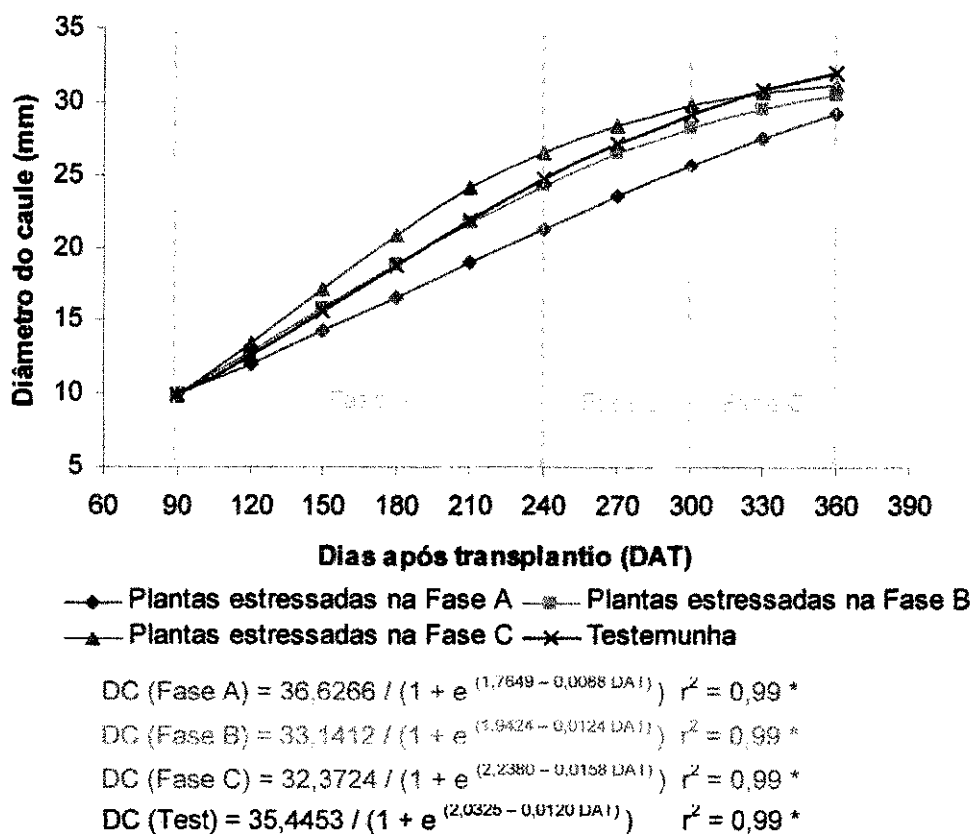


Figura 14. Evolução do diâmetro do caule (DC) do Cajueiro Anão Precoce, no primeiro ano do ciclo, submetida ao estresse hídrico em diferentes fases fenológicas. Campina Grande, PB, 2007

A diminuição da água ofertada no estágio inicial de desenvolvimento (dos 90 aos 240 DAT) para as plantas deste tratamento, resultou em incremento no DC de aproximadamente 113,60% no final do estágio inicial de cultivo, enquanto o incremento médio no diâmetro do caule da testemunha foi de 151,47%, sendo ainda maior (169,23%) para as plantas que tiveram a oferta de água reduzida só na Fase de produção. Santos e Carlesso (1998) ressaltam que a limitação de água no solo durante o período inicial de crescimento afeta o desenvolvimento das estruturas vegetativas, refletindo-se em redução na capacidade de produção de fitomassa e, conseqüentemente, no diâmetro do caule, ramos e área foliar das plantas.

No final da floração, as plantas submetidas a estresse na referida Fase (Fase B) tiveram uma evolução no aumento do diâmetro do caule (15,97% de acréscimo) abaixo da testemunha (18,20%) e das plantas estressadas na Fase A (20,46%); entretanto e surpreendentemente, superaram as que só tiveram o suporte de água reduzido a partir dos 300 DAT, quando se iniciou a Fase de produção (Fase C), apresentando as plantas deste tratamento um incremento no diâmetro do caule (no

período de 240 a 300 DAT) de apenas 11,97%. A queda na evolução do crescimento do caule nesta Fase para as plantas submetidas a estresse durante a produção, pode ter sido provocada pelo severo ataque da resinose observado em algumas plantas deste tratamento, causando diminuição do número de amostragens por parcela.

Constatou-se tendência de estabilização no incremento do DC no final do primeiro ano do ciclo da cultura, período também de máxima produção de caju, de forma que as plantas do tratamento que foram submetidas a déficit hídrico nesta época (Fase C), apresentaram o menor índice de incremento (4,86%) no DC durante a produção, em comparação com os demais tratamentos, cujos incrementos foram da ordem de 13,72, 8,21 e 9,72% no DC correspondentes, respectivamente, às plantas submetidas a estresse hídrico nas Fases A, B e à testemunha. Taiz e Zeiger (2004) frisam que a diminuição da turgescência afeta diretamente o crescimento da planta e reflete na diminuição da taxa de crescimento, não só em altura mas também em diâmetro de caule.

Durante a Fase de produção as plantas submetidas a estresse hídrico na Fase inicial do experimento (Fase A) tiveram índice de incremento no diâmetro do caule bem acima, inclusive da testemunha, reforçando a idéia da predisposição deste clone de Cajueiro Anão Precoce a se recuperar, mesmo tendo de suportar períodos de escassez de água no solo, através do desenvolvimento de mecanismos próprios de resistência à falta d'água. Por outro lado, a Figura 14 também permite constatar que no final da Fase de produção, aos 360 DAT, e mesmo tendo apresentado os maiores índices de crescimento caulinar nas Fases seguintes àquela em que teve a oferta de água reduzida, as plantas do tratamento estressadas na Fase A alcançaram diâmetro médio de caule abaixo dos demais (em torno de 29 mm), enquanto, para as plantas da testemunha este diâmetro médio ficou próximo de 32,5 mm.

Paiva et al. (1998) obtiveram diâmetro médio de caule em CCP 76 aos 180 DAS de 15 mm, bem inferior a média encontrada neste trabalho para testemunha nesta mesma época da avaliação (18 mm), quanto para as plantas estressadas nesta Fase do cultivo (16 mm); enquanto Ribeiro et al. (2002b), obtiveram um diâmetro de caule médio em torno de 33 mm para CCP 76, aos 540 dias em

condições de sequeiro no semi-árido piauiense, número também próximo ao de Ribeiro e Ribeiro (2003), que em trabalhos também em sequeiro, com este mesmo clone no semi-árido maranhense, obtiveram um diâmetro caulinar médio de 35 mm em plantas com a mesma idade.

- Número de Folhas

Os recursos utilizados para detectar efeitos entre tratamentos previamente estabelecidos (em análise não destrutiva) geralmente leva em conta a fenologia das plantas (BENICASA, 1988), de forma que, o acompanhamento do crescimento do vegetal também pode ser feito pela contagem de suas unidades estruturais morfológicas. Desta forma, a evolução do número de folhas (NF), ao longo do primeiro ano de cultivo do Cajueiro Anão Precoce, conforme pode ser observado na Tabela 3, é expressa através do modelo sigmóide ou logístico que melhor representou as condições observadas nas plantas durante este período (90 a 360 DAT). Evidencia-se, a partir da análise da Figura 15, a mudança no comportamento das plantas, no que se refere à evolução no aumento de número de folhas para cada período em que os tratamentos estudados foram submetidos a estresse hídrico por diminuição da quantidade de água ofertada.

A redução no incremento do número de folhas (NF) das plantas submetidas ao estresse hídrico na Fase inicial (Fase A) em relação aos demais tratamentos, fica bem evidenciada na Figura 15; nota-se, ainda, comportamento idêntico entre os demais tratamentos (conduzidos sem estresse) dos 90 aos 190 DAT, período em que as plantas que seriam estressadas durante a floração também começam a se distanciar da testemunha e das plantas estressadas na produção. Esta diferença também pode ser creditada à diminuição no número de amostragem neste tratamento, por conta da paralisação no crescimento de algumas plantas severamente atacadas por resinose.

Nota-se ainda, pelo comportamento das curvas, que durante esta Fase (floração), as plantas anteriormente submetidas a estresse hídrico na estágio inicial de desenvolvimento, apresentaram uma taxa de aumento do número de folhas bem superior às demais (51%), tendência que se manteve na Fase seguinte (produção), reforçando a hipótese já mencionada de Oliveira et al. (2003a) de que as plantas desse clone apresentam um potencial muito bom de adaptação às condições adversas proporcionadas pela falta de água, embora a Figura 15 permita constatar a existência, no final do ciclo, de uma diferença considerável no número de folhas deste tratamento em relação à testemunha e às plantas submetidas ao déficit hídrico durante a produção.

Este comportamento se justifica pelo fato de que, na época de floração, as plantas passam a utilizar os fotoassimilados para a produção e enchimento dos frutos, ou seja, nesta Fase as estruturas de produção passam a ser priorizadas pela fisiologia da planta, que paralisam o desenvolvimento de outros órgãos, entre eles a produção de novas folhas (PERES e KERBAUY, 2004; TAIZ e ZEIGER, 2004).

As plantas que foram submetidas a estresse apenas na última Fase do experimento (produção) apresentaram um número de folhas ao longo de todo ciclo muito próximo da testemunha registrando-se, naturalmente, uma pequena queda dos 300 aos 360 DAT, época em que as mesmas foram submetidas ao déficit hídrico, apresentando um incremento de 10,42% no final da Fase de produção, superando, inclusive, as plantas que foram estressadas na Fase anterior (7,88%), denotando que nesta Fase do ciclo a escassez de água não influenciou tão severamente este importante componente morfo-fisiológico, diferente do que foi registrado nas Fases fenológicas anteriores.

- Área foliar

Indicadora da capacidade fotossintética de uma planta, a área foliar é um das principais características de crescimento a ser estudada, principalmente quando envolve relações de solo-água-planta, estando estreitamente correlacionada a questões importantes do metabolismo da planta, qualidade final do produto e da

acumulação de matéria seca (SILVA et al., 2000). A equação que melhor se ajustou ao comportamento da área foliar (AF), durante o primeiro ano de cultivo das plantas, apresenta modelo polinomial cúbico conforme pode ser observado na Tabela 3. Pode-se encontrar, na Figura 16, a evolução área foliar (AF) ao longo dos 360 dias de monitoramento do Cajueiro.

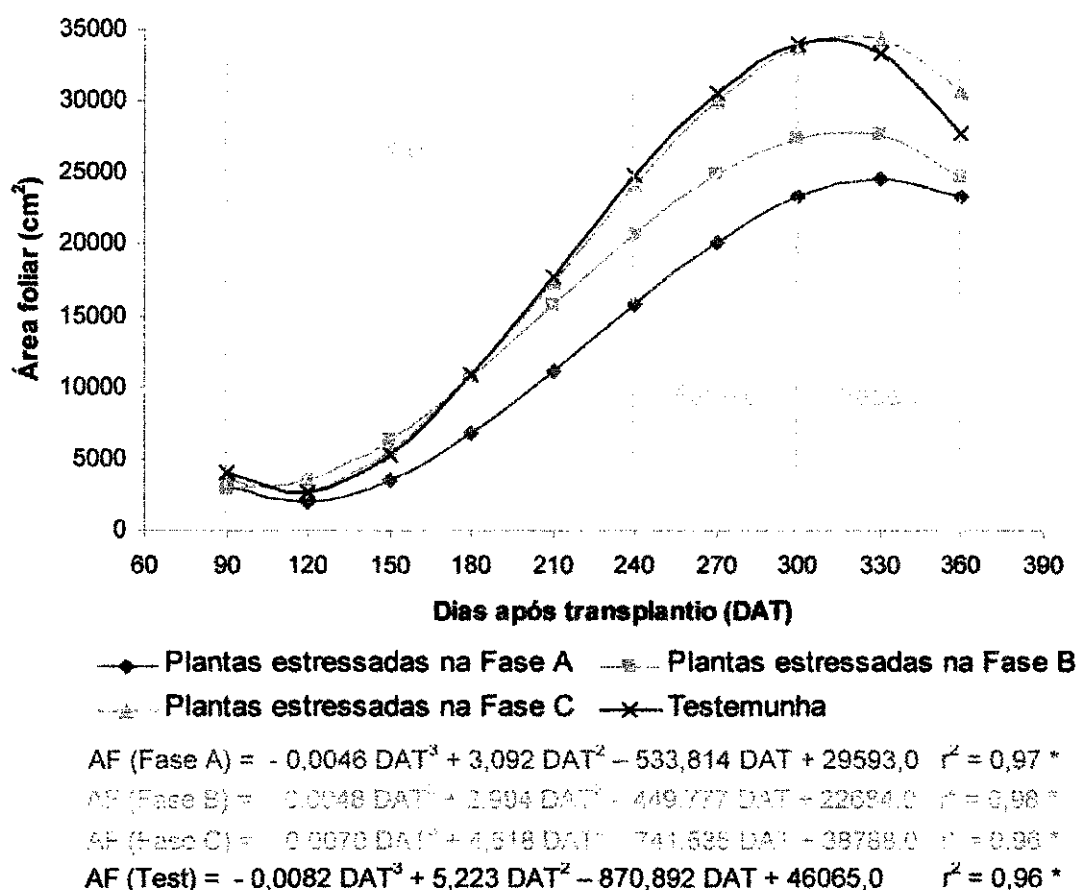


Figura 16. Evolução da área foliar (AF) do Cajueiro Anão Precoce, no primeiro ano do ciclo, submetida ao estresse hídrico em diferentes fases fenológicas. Campina Grande, PB, 2007

Mantendo as tendências já observadas para altura de planta, diâmetro do caule e número de folhas, verifica-se que o tratamento submetido a déficit hídrico na Fase inicial (Fase A) apresentou desempenho bem abaixo dos demais tratamentos que permaneceram sem reduções no suporte hídrico, com as plantas no final deste período (240 DAT) indicando uma redução na área foliar de 39,2 % em relação à testemunha; aos 100 DAT, as plantas da testemunham tinham uma área foliar média de 3.300 cm² contra 2.200 cm² registrados para as plantas conduzidas sob estresse,

valores bem superiores aos 497 cm² encontrados por Carneiro et al. (2004) para o clone CCP 06, cultivado em condições semelhantes às deste ensaio, com plantas mantidas em ambiente protegido sem estresse hídrico e irrigadas com água de abastecimento.

Conforme já discutido para o número de folhas constatou-se também, aos 190 DAT, uma redução na área foliar das plantas que seriam submetidas a estresse hídrico durante o estágio de floração. Por conta do aparecimento de resinose em algumas repetições, uma conseqüente redução na área foliar também foi registrada nas plantas deste tratamento quando comparadas com os demais tratamentos conduzidos sem estresse hídrico (testemunha e plantas estressadas na Fase C).

Durante a Fase B as plantas que tiveram o suporte hídrico diminuído apresentaram redução na área foliar da ordem de 33,33 % aos 300 DAT em relação à testemunha, porém esta área foliar ainda ficou 14,28% acima da média apresentada pelas plantas que foram estressadas na Fase anterior (Fase A), indicando que, mesmo com a retomada da irrigação e satisfazendo a reposição total do consumo de água exigido pela demanda evapotranspirométrica, o estresse aplicado às plantas na Fase de crescimento provocou perdas que não foram superadas na formação de sua área foliar, de forma que as reservas disponíveis nesta fase passaram a ser direcionadas à floração e à formação dos frutos.

Larcher (2000) afirma que o aumento de uma demanda não suprida em tempo pode levar as plantas a uma perda de estabilidade inicial de suas funções, podendo ser seguida por uma normalização e aumento da resistência se a exposição ao estresse for breve e não exceder o limite de tolerância das plantas; ao contrário, exposições prolongadas podem resultar em desordem permanente, pois uma vez ultrapassados os limites desta tolerância e da capacidade de adaptação das plantas, os danos se tornam irreversíveis.

Para Taiz e Zeiger (2004), a diminuição do conteúdo de água na planta faz com que suas células se contraíam devido ao afastamento da membrana plasmática da parede celular, resultando em uma menor pressão de turgor e numa maior concentração de solutos, tornando a membrana plasmática mais espessa e comprimida. Como a redução do turgor (o mais precoce efeito biofísico significativo

do estresse hídrico) os fenômenos dependentes seus, como é o caso do incremento da área foliar, se tornam ainda mais sensíveis ao déficit hídrico.

No que se refere ao comportamento durante a fase produtiva, é possível constatar, também na análise da Figura 16, que em todos os tratamentos as plantas apresentaram declínio na área foliar, principalmente a partir dos 330 DAT, com a testemunha apresentando uma queda bem mais acentuada, já a partir dos 300 DAT. Esta redução na área foliar da testemunha se deve ao fato de que as plantas deste tratamento continuaram a receber a quantidade de água exigida, enquanto as demais plantas ainda estavam se recuperando de um estresse. Vale a pena salientar que a testemunha foi a que teve um maior número de folhas dentre todos os tratamentos, embora sua área foliar aos 360 DAT tenha sido inferior à das plantas submetidas a estresse durante a produção. Ao se observar uma menor área foliar e um maior número de folhas na testemunha, constata-se que esta diferença se deve, provavelmente, as novas folhas que esta planta continua a emitir, mesmo durante a frutificação, enquanto o tratamento estressado na referida Fase desloca seus fotoassimilados para a produção de frutos, abdicando da produção de novas folhas.

Segundo Läuchli e Epstein (1990), Araújo (1994) e Souza (1995), a redução da área foliar, conseqüentemente da fotossíntese, sobretudo em condições de estresse, se trata de um mecanismo de adaptação da cultura a uma situação adversa, aliado ao fato de que, no estágio de frutificação a planta inicia o processo natural de senescência foliar com a conseqüente redução da área foliar decorrente, provavelmente, da diminuição do volume de suas células. Colli (2004) e Taiz e Zeiger (2004) ressaltam ainda que um estresse hídrico após um desenvolvimento substancial da área foliar leva a planta a diminuir a quantidade de folhas, em virtude, sobretudo, da emissão do fitormônio etileno.

Este ajustamento na área foliar, comportamento registrado em todos os tratamentos explica, inclusive, o melhor desempenho das plantas que entraram em estresse hídrico na produção, no que se refere ao índice de área foliar; essas plantas se adequaram melhor à diminuição do suporte hídrico, período que coincidiu com a chegada da senescência foliar, fase do ciclo vegetal em que a planta naturalmente começa a soltar as folhas mais velhas direcionando as reservas para a produção e enchimento dos frutos.

Segundo Fernández et al. (1996), a área foliar é um importante fator da produção e determina o uso da água pelas plantas, as quais têm o seu potencial de produtividade severamente inibido quando expostas a déficit hídrico. Bittman e Simpson (1987) e Cirilo e Andrade (1996), ao estudarem área foliar de gramíneas, principalmente de milho, constataram que a mesma diminuiu significativamente quando as plantas foram submetidas a déficit hídrico; já Gerik et al. (1996) ressaltam que, sob condições adversas, o equilíbrio entre a produção de assimilados e a demanda para o desenvolvimento dos órgãos reprodutivos é severamente afetado pela redução na área foliar fotossinteticamente ativa, acarretando baixa na produtividade da cultura.

A área foliar média obtida por folha no final da Fase de produção (aos 360 DAT), independentemente de tratamento, ficou em $66,3 \text{ cm}^2$, valor bem próximo ao encontrado por Silva et al. (2000) que, ao desenvolverem e testarem equações que permitiram estimar a área foliar unitária do Clone CCP 76, obtiveram um valor médio $68,3 \text{ cm}^2$.

5.2. Variáveis fisiológicas do cajueiro

- Eficiência quântica do fotossistema II

Na Tabela 4 são encontrados os valores da eficiência quântica do fotossistema II (EQF-II) através da relação entre fluorescência variável e fluorescência máxima (FV/FM) no final de cada fase fenológica. Não foram constatados efeitos significativos para as lâminas de irrigação aplicadas (L), para as Fases fenológicas (F) nem para interação (L x F) no final das primeiras Fases (A e B).

O efeito não significativo observado entre as Fases fenológicas, aos 240 e 300 DAT, evidencia que um estresse durante os estádios inicial e de floração, provocado pelo déficit hídrico no Cajueiro Anão Precoce, não afetou a fisiologia da planta com relação à eficiência quântica do fotossistema II.

Ao estudarem as respostas fisiológicas de gramíneas submetidas ao estresse hídrico, Silva et al. (2001), expuseram um tratamento a irrigação diária e o outro foi

submetido a déficit hídrico com duração de doze dias; eles observaram que essas plantas não apresentaram diferenças significativas em relação a EQF-II, cujos resultados evidenciam que a baixa disponibilidade de água não causou danos ao fotossistema II, concordando com Bolhar-Nordenkampf et al. (1989), que relatam que valores de FV/FM entre 75 e 85% são típicos de plantas não-estressadas. Bjorkman e Powles (1984) e Epron e Dryer (1990) não detectaram reduções na eficiência quântica do fotossistema II em plantas sob déficit hídrico.

Tabela 4. Resumo da análise de variância (ANAVA) para a Eficiência Quântica do Fotossistema II (EQF-II) no final de cada fase. Campina Grande, PB, 2007

Causa de variância	GL	Valores de Quadrado Médio		
		EQF-II (240 DAT) Fase A	EQF-II (300 DAT) Fase B	EQF-II (360 DAT) Fase C
Lâminas (L)	3	0,00062136 ^{NS}	0,00032158 ^{NS}	0,00035973 ^{NS}
Fases (F)	2	0,00103233 ^{NS}	0,00023078 ^{NS}	0,00332053 *
Interação (L x F)	6	0,00018000 ^{NS}	0,00007844 ^{NS}	0,00020190 ^{NS}
Fatorial vs Test.	1	0,00025433 ^{NS}	1,7970085E-6 ^{NS}	0,00335472 **
Tratamentos	(12)	0,00043859	0,00015823	0,00102386
Blocos	2	0,00051464	0,00006972	0,00105303
Resíduo	24	0,00038406	0,00008080	0,00036933
CV (%)		2,47	1,10	2,42
FATORES		Médias		
		%		
LÂMINAS (L)				
L ₁ (40% ETc)		78,1	80,7	79,1
L ₂ (55% ETc)		79,5	80,8	79,8
L ₃ (70% ETc)		79,7	82,0	78,5
L ₄ (85% ETc)		80,0	81,6	78,4
FASES (F)				
A (inicial)		78,7	81,6	79,9 a
B (floração)		78,9	80,8	79,8 a
C (produção)		80,4	81,5	77,0 b

* Significativo ($p < 0,05$); ** Significativo ($p < 0,01$); ^{NS} não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ($p < 0,05$), pelo teste F

Apesar de não haver significância entre as Fases até os 300 DAT, percebeu-se que as plantas submetidas a déficit hídrico na Fase de floração, tiveram uma EQF-II de 80,8%, inferior aos tratamentos que foram submetidos a déficit hídrico nas Fases anterior e na de produção (81,6 e 81,5%), sendo que as plantas desta última Fase ainda não tinham sido submetidas a estresse hídrico.

Apenas no final do primeiro ano do ciclo do Cajueiro Anão Precoce (360 DAT), se detectou uma diferença significativa ($p < 0,05$) na eficiência quântica do fotossistema II. As plantas da Fase de produção que apresentaram uma EQF-II de 77,0%, diferentemente das Fases anteriores (79,9% e 79,8% para as Fases A e B), tiveram sua eficiência quântica afetada pelo estresse hídrico; esta constatação é confirmada por Taiz e Zeiger (2004), quando ressaltam que, normalmente, o estresse hídrico afeta a condutância estomática e, conseqüentemente, a atividade fotossintética.

A elevada significância ($P < 0,01$) encontrada para o Fatorial versus Testemunha, aos 360 DAT (Tabela 4), confirma o efeito do estresse hídrico sobre a atividade fotossintética das plantas, no final da Fase de produção constatando-se, na Tabela 5, que cinco tratamentos tiveram uma diferença significativa quando comparados com a testemunha. É importante ressaltar, entretanto, que desses cinco tratamentos quatro lâminas se referem à Fase C (produção), evidenciando que o Cajueiro Anão Precoce, ao ser submetido a estresse hídrico durante o estágio de produção tem a sua eficiência quântica do fotossistema II afetada.

Observou-se ainda que, apesar de estatisticamente só ser detectada diferença significativa em uma das épocas de avaliação, existe tendência de que, no final de cada estágio fenológico, os tratamentos que foram submetidos a um baixo suprimento hídrico, na respectiva Fase, apresentem uma EQF-II inferior aos demais. Constatou-se também que a testemunha teve uma eficiência quântica do fotossistema II, de 82,4% (Tabela 6), superando a média dos demais tratamentos, evidenciando que o estresse hídrico afeta a atividade fotossintética do Cajueiro Anão Precoce, mesmo que não se tenha detectado diferenças significativas em todos os contrastes estudados.

Tabela 5. Valores de quadrado médio dos contrastes estudados para a Eficiência Quântica do Fotossistema II (EQF-II), aos 360 dias após o transplântio (DAT). Campina Grande, PB, 2007

Contrastes	GL	Valores de Quadrado Médio EQF-II (360 DAT)
L ₁ (40% ETc) A vs Test.	1	0,00079350 ^{NS}
L ₂ (55% ETc) A vs Test.	1	0,00036817 ^{NS}
L ₃ (70% ETc) A vs Test.	1	0,00209067 *
L ₄ (85% ETc) A vs Test.	1	0,00074817 ^{NS}
L ₁ (40% ETc) B vs Test.	1	0,00126150 ^{NS}
L ₂ (55% ETc) B vs Test.	1	0,00081667 ^{NS}
L ₃ (70% ETc) B vs Test.	1	0,00068267 ^{NS}
L ₄ (85% ETc) B vs Test.	1	0,00132017 ^{NS}
L ₁ (40% ETc) C vs Test.	1	0,00350417 **
L ₂ (55% ETc) C vs Test.	1	0,00244017 *
L ₃ (70% ETc) C vs Test.	1	0,00510417 **
L ₄ (85% ETc) C vs Test.	1	0,00714150 **
Resíduo	24	0,00036933

* Significativo ($p < 0,05$); ** Significativo ($p < 0,01$); ^{NS} não significativo, pelo teste F.

Tabela 6. Médias da Eficiência Quântica do Fotossistema II (FV/FM), aos 360 dias após o transplântio (DAT). Campina Grande, PB, 2007

Tratamentos	Médias EQF-II (360 DAT) %
L ₁ (40% ETc) A	80,1
L ₂ (55% ETc) A	80,8
L ₃ (70% ETc) A	78,7
L ₄ (85% ETc) A	80,2
L ₁ (40% ETc) B	79,5
L ₂ (55% ETc) B	80,1
L ₃ (70% ETc) B	80,3
L ₄ (85% ETc) B	79,4
L ₁ (40% ETc) C	77,6
L ₂ (55% ETc) C	78,4
L ₃ (70% ETc) C	76,6
L ₄ (85% ETc) C	75,5
Test. (100% ETc) ABC	82,4

- Resistência estomática

Verificou-se, através da Tabela 7 que, com relação à resistência estomática, não houve efeito significativo para o fator lâminas, mas se detectou diferença significativa ($p < 0,05$) tanto para as Fases (F) como para a interação (L x F). Nota-se, a partir do desdobramento descrito na Tabela 8, que apenas as duas menores lâminas (40 e 55% de ETc), apresentaram diferenças significativas quando analisadas através do teste F. Considerando a lâmina de 40% da ETc, constatou-se que aos 360 DAT as plantas submetidas a estresse durante a produção, apresentou resistência estomática de $2,023 \text{ s cm}^{-1}$, ou seja, 2,14 e 2,49 vezes superior às plantas que foram estressadas durante as Fases A e B, respectivamente. Este comportamento se repetiu para a lâmina de 55% da ETc, em que, no final do ciclo, essas plantas superaram as que foram submetidas a estresse nas duas primeiras Fases, em cerca de 100%.

Tabela 7. Resumo da análise de variância (ANAVA) para a resistência estomática aos 360 dias após o transplântio (DAT). Campina Grande, PB, 2007

Causa de variância	GL	Valores de Quadrado Médio
		RESIST. (360 DAT) Fase C
Lâminas (L)	3	0,04426944 ^{NS}
Fases (F)	2	0,75675278 *
Interação (L x F)	6	0,45331944 *
Fat. vs Test.	1	0,00013355 ^{NS}
Tratamentos	(12)	0,36386368
Blocos	2	0,07023333
Residuo	24	0,16971944
CV (%)		33,59
FATORES		Médias
		s cm^{-1}
LÂMINAS (L)		
L ₁ (40% ETc)		1,259
L ₂ (55% ETc)		1,122
L ₃ (70% ETc)		1,271
L ₄ (85% ETc)		1,255
FASES (F)		
A (inicial)		1,071
B (floração)		1,092
C (produção)		1,517

* Significativo ($p < 0,05$); ^{NS} não significativo, pelo teste F

Esta constatação tem relação direta com o fato das medições terem sido realizadas no final do ciclo (360 DAT), em que as plantas que foram estressadas na Fase de produção ainda permaneciam em estresse. Castro Neto (2003) ressalta que considerando o comportamento da resistência estomática durante o período de déficit hídrico, constata-se que a resistência das folhas expostas ao sol é maior em períodos de irrigação sugerindo que, ao sair de um déficit hídrico, a planta começa com uma economia de água como forma de adaptação mas, ao continuar a irrigação, esta resistência tende a decrescer.

Tabela 8. Desdobramento das médias para resistência estomática (RESIST) em $s\text{ cm}^{-1}$ para cada lâmina estudada 360 dias após o transplântio (DAT). Campina Grande, PB, 2007

LÂMINAS (L)	FASES		
	A	B	C
L ₁ (40% ETc)	0,943 b	0,810 b	2,023 a
L ₂ (55% ETc)	0,853 b	0,840 b	1,673 a
L ₃ (70% ETc)	1,326 a	1,256 a	1,230 a
L ₄ (85% ETc)	1,163 a	1,463 a	1,140 a

médias seguidas de mesma letra na horizontal não diferem entre si ($p < 0,05$)

Cairo (1995) e Taiz e Zeiger (2004), relatam que, com o fechamento dos estômatos durante o estresse hídrico, as plantas buscam diminuir sua perda de água por transpiração, resultando em perda d'água e diminuição do turgor, o que caracteriza o fechamento hidropassivo dos estômatos. Segundo, ainda, esses autores, tal situação também pode ocorrer através do fechamento hidroativo, que fecha os estômatos quando a folha inteira ou as raízes apresentam sinais de desidratação e depende de processos metabólicos nas células-guarda, em que o mecanismo de perda de água dessas células induz a uma saída de solutos.

Ao estudarem o comportamento estomático da muda enxertada CCP 76, submetida a estresse hídrico, Cavalcanti Júnior et al. (2003) constataram recuperação da condutância estomática dessas mudas quando reirrigadas, após serem submetidas a estresse hídrico, durante seis dias. Esta reidratação proporcionou uma pronunciada recuperação nos valores de condutância estomática já a partir de uma hora após a irrigação, mesmo se tendo feito as leituras ao meio-

dia, hora adversa à abertura estomática. Esses resultados sugerem que o aumento do potencial da água no substrato por efeito da reidratação após o período de estresse, deve exercer um efeito sinalizador para uma maior abertura dos estômatos e um conseqüente aumento no fluxo transpiratório.

5.3. Variáveis de produção do cajueiro

Obter a melhor lâmina relacionada a uma produtividade satisfatória é um dos principais desafios da agricultura moderna em tempos de crise nos recursos hídricos, como ocorre atualmente no semi-árido brasileiro. Identificar em que fase fenológica pode economizar água na irrigação da cultura sem perdas significativas de produtividade e de renda, é o objetivo essencial de estudos que envolvem déficits hídricos em plantas.

É importante ressaltar que existe uma relação significativa entre o potencial hídrico na planta e o rendimento das culturas. Potenciais muito negativos de água no vegetal indicam condições de estresse (planta sob tensão), sendo requerida irrigação imediata para se evitar que o crescimento e o rendimento sejam prejudicados. Esta análise do potencial de água na planta pode ser usada para permitir o uso mais eficiente deste recurso, através da irrigação, visando otimizar os rendimentos e prevenir perdas excessivas de água (RIGHES *et al*, 2003).

Tem-se na Tabela 9, os resumos das análises de variância e as médias para o Peso da matéria fresca do pedúnculo (PMFPed), Peso da matéria seca do pedúnculo (PMSPed), Peso da matéria fresca da castanha (PMFCast) e Peso da matéria fresca total (PMFTot), que correspondem à média do peso do pedúnculo mais o peso da castanha.

Tabela 9. Resumos das análises de variância (ANAVA) para o Peso da Matéria Fresca do Pedúnculo (PMFPed), Peso da Matéria Seca do Pedúnculo (PMSPed), Peso da Matéria Fresca da Castanha (PMFCast) e Peso da Matéria Fresca Total (PMFTot). Campina Grande, PB, 2007

Causa de variância	GL	Valores de Quadrado Médio			
		PMFPed	PMSPed	PMFCast	PMFTot
Lâminas (L)	3	8,243241 ^{NS}	0,45555556 ^{NS}	0,24398148 ^{NS}	9,992963 ^{NS}
Fases (F)	2	3408,307778 *	38,87194444 *	6,75444444 *	2191,036944 *
Interação (L x F)	6	164,084074 ^{NS}	1,85305556 ^{NS}	0,34814815 ^{NS}	176,213241 ^{NS}
Fat. vs Test.	1	409,735919 ^{NS}	5,25675214 ^{NS}	0,68463675 ^{NS}	246,718034 ^{NS}
Tratamentos	(12)	686,298803	7,95713675	1,41786325	476,337521
Blocos	2	2,560000	0,62846154	0,12025641	64,455641
Resíduo	24	181,57694	2,9845726	0,55997863	171,637585
CV (%)		30,80	34,81	13,26	32,33
FATORES		Médias			
		(g)	(g)	(g)	(g)
LÂMINAS (L)					
L ₁ (40% ETc)		41,84	5,05	5,38	40,97
L ₂ (55% ETc)		43,15	4,93	5,63	39,03
L ₃ (70% ETc)		43,97	4,90	5,60	38,78
L ₄ (85% ETc)		42,23	4,53	5,78	40,37
FASES (F)					
A (inicial)		40,41 b	4,54 b	5,62 a	43,10 a
B (floração)		60,72 a	6,79 a	6,34 a	51,34 a
C (produção)		27,27 b	3,23 b	4,84 b	24,93 b

* Significativo ($p < 0,05$); ** Significativo ($p < 0,01$); ^{NS} não significativo, pelo teste F; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ($p < 0,05$).

Verifica-se que nenhuma das variáveis contidas na Tabela 9 foi influenciada pelas lâminas de irrigação (L) nem pela interação (F x L), mas todas tiveram efeito significativo ($p < 0,05$) para o fator Fase fenológica (F).

- Peso da matéria fresca do pedúnculo

O peso da matéria fresca do pedúnculo (PMFPed), cujos tratamentos correspondentes à Fase B apresentaram um peso médio de 60,72 g, enquanto os tratamentos referentes às Fases A e C tiveram médias de 40,41 e 27,27 g, respectivamente, equivale a decréscimos no PMFPed de 33,4 e 55,1%, respectivamente. Ribeiro e Ribeiro (2003) obtiveram 96,6g de pedúnculo para o clone CCP 76 aos 365 DAT, em condições de campo e com precipitação anual de 1044 mm; já Mesquita (2003) cita em seu trabalho um PMFPed de 140 g para o mesmo clone, também em condições de campo e com umidade satisfatória ao longo do ciclo.

Na Tabela 10, no qual estão distribuídos os contrastes do PMFPed, constatou-se que apenas as plantas submetidas a déficit hídrico no estágio de produção (Fase C) apresentaram diferença significativa quando comparadas com a testemunha. Mesmo as plantas estressadas durante a floração (Fase B) não apresentando diferenças significativas com relação à testemunha, registrou-se um ganho de PMFPed bem acima dos demais tratamentos, inclusive da testemunha, em que o tratamento correspondente a 40% da ETc apresentou um PMFPed de 71,73g, contra uma média de 54,97g da testemunha, o que corresponde a um acréscimo de 30,49% (Tabela 11).

Diferente da tendência encontrada para as plantas estressadas na Fase de floração, quando o PMFPed aumentou com a diminuição da oferta hídrica, as plantas estressadas durante a produção aumentaram o PMFPed a medida em que aumentou o suporte hídrico na referida Fase; mesmo assim, o tratamento (L₄ C) que apresentou maior peso fresco de pedúnculo (31,67g) se encontra 42,38% abaixo do peso médio apresentado pela testemunha.

Tabela 10. Valores de quadrado médio dos contrastes estudados para Peso da Matéria Fresca do Pedúnculo (PMFPed), Peso da Matéria Seca do Pedúnculo (PMSPed), Peso da Matéria Fresca da Castanha (PMFCast) e Peso da Matéria Fresca Total (PMFTot). Campina Grande, PB, 2007

Contrastes	GL	Valores de Quadrado Médio			
		PMFPed	PMSPed	PMFCast	PMFTot
L ₁ (40% ETc) A vs Test.	1	739,260000 ^{NS}	6,40666667 ^{NS}	1,21500000 ^{NS}	2,406667 ^{NS}
L ₂ (55% ETc) A vs Test.	1	269,340000 ^{NS}	1,92666667 ^{NS}	0,37500000 ^{NS}	37,001667 ^{NS}
L ₃ (70% ETc) A vs Test.	1	107,526667 ^{NS}	4,00166667 ^{NS}	0,01500000 ^{NS}	26,041667 ^{NS}
L ₄ (85% ETc) A vs Test.	1	301,041667 ^{NS}	5,60666667 ^{NS}	0,24000000 ^{NS}	298,215000 ^{NS}
L ₁ (40% ETc) B vs Test.	1	421,681667 ^{NS}	6,20166667 ^{NS}	0,37500000 ^{NS}	148,006667 ^{NS}
L ₂ (55% ETc) B vs Test.	1	40,041667 ^{NS}	0,04166667 ^{NS}	0,02666667 ^{NS}	14,4150000 ^{NS}
L ₃ (70% ETc) B vs Test.	1	5,041667 ^{NS}	0,42666667 ^{NS}	0,02666667 ^{NS}	30,3750000 ^{NS}
L ₄ (85% ETc) B vs Test.	1	0,806667 ^{NS}	0,04166667 ^{NS}	0,32666667 ^{NS}	55,815000 ^{NS}
L ₁ (40% ETc) C vs Test.	1	1727,206667 ^{**}	18,37500000 [*]	4,50666667 ^{**}	1676,681667 ^{**}
L ₂ (55% ETc) C vs Test.	1	1109,760000 [*]	10,14000000 ^{NS}	1,60166667 ^{NS}	761,626667 [*]
L ₃ (70% ETc) C vs Test.	1	1040,166667 [*]	12,61500000 ^{NS}	2,40666667 [*]	770,666667 [*]
L ₄ (85% ETc) C vs Test.	1	814,335000 [*]	13,50000000 [*]	1,50000000 ^{NS}	517,081667 ^{NS}
Resíduo	24	181,57694	2,9845726	0,55997863	171,637585

* Significativo (p < 0,05); ** Significativo (p < 0,01); ^{NS} não significativo, pelo teste F

Tabela 11. Médias do Peso da Matéria Fresca do Pedúnculo (PMFPed), Peso da Matéria Seca do Pedúnculo (PMSPed), Peso da Matéria Fresca da Castanha (PMFCast) e Peso da Matéria Fresca Total (PMFTot). Campina Grande, PB, 2007

Tratamentos	Médias			
	PMFPed (g)	PMSPed (g)	PMFCast (g)	PMFTot (g)
L ₁ (40% ETc) A	32,77	4,17	5,20	47,97
L ₂ (55% ETc) A	41,57	5,10	5,60	44,27
L ₃ (70% ETc) A	46,50	4,60	6,00	45,07
L ₄ (85% ETc) A	40,80	4,30	5,70	35,13
L ₁ (40% ETc) B	71,73	8,27	6,60	59,17
L ₂ (55% ETc) B	60,13	6,07	6,23	46,13
L ₃ (70% ETc) B	56,80	6,77	5,97	44,73
L ₄ (85% ETc) B	54,23	6,07	6,57	55,33
L ₁ (40% ETc) C	21,03	2,73	4,37	15,80
L ₂ (55% ETc) C	27,77	3,63	5,07	26,70
L ₃ (70% ETc) C	28,63	3,33	4,83	26,57
L ₄ (85% ETc) C	31,67	3,23	5,10	30,67
Test. (100% ETc) ABC	54,97	6,23	6,10	49,23

- Peso da matéria seca do pedúnculo

As plantas submetidas a estresse na Fase de floração, tiveram um maior peso de matéria seca do pedúnculo (PMSPed), com média de 6,79g, enquanto as plantas que foram submetidas a déficit hídrico na Fase de produção apresentaram um PMSPed de 3,23 g (Tabela 9).

O comportamento do peso da matéria seca do pedúnculo (PMSPed) foi similar ao peso da matéria fresca do pedúnculo (PMFPed), o que era previsto, com os tratamentos que passaram por déficit hídrico nas Fases A e C (inicial e produção) não apresentando diferenças significativas entre elas, quando analisadas pelo teste de Tukey. Vaz et al. (2004) ressaltam que fatores ambientais, dentre eles a disponibilidade de água, entre os quais uma boa oferta ou escassez de água, passam a ser um estímulo indutor da floração de algumas espécies.

Notou-se através da Tabela 11, que o PMSPed da testemunha foi de 6,23 g obtendo-se, através dos contrastes estudados, significância estatística ($p < 0,05$) apenas para os tratamentos que foram submetidos a 40 e 85% da ETc na Fase de

produção. Como esperado, observou-se a mesma tendência para o PMFPed, tanto para as plantas estressadas no estádios inicial de floração, quanto para as que foram estressadas durante a produção. Esta constatação contraria o que dizem Santos e Carlesso (1998), ao ressaltarem que a limitação na disponibilidade de água no solo durante o período de pré-florescimento afeta o desenvolvimento das estruturas vegetativas das plantas, reduzindo a capacidade de produção de fitomassa pela cultura.

Dentre os tratamentos estudados já se discutiu que os que tiveram um maior PMSPed foram os submetidos a déficit hídrico na Fase de floração, destacando-se o que recebeu apenas 40% da ETc na referida Fase com média de 8,27 g de PMSPed, 32,7% a mais que a testemunha, que teve um PMSPed de 6,23 g. De acordo com Vaz et al. (2004), a produção resultado da indução floral, se refere aos eventos que sinalizam alterações na fisiologia da planta; como consequência, o meristema caulinar se reestrutura para produzir um primórdio floral, ao invés do primórdio foliar. Segundo os autores, o estímulo indutor resulta tanto de fatores endógenos como de fatores ambientais, dentre eles a irradiância, a temperatura e a disponibilidade de água.

- Peso da matéria fresca da castanha

O peso da matéria fresca da castanha (PMFCast) é uma importante variável a ser levada em conta na cajucultura, já que toda a base da economia desta cultura se encontra centrada na comercialização do fruto. Na Tabela 9 é possível observar que o fator Fases fenológicas também foi afetado ($p < 0,05$) para PMFCast, destacando-se as plantas que foram submetidas a déficit hídrico na fase de produção (Fase C), apresentando um rendimento médio no peso da castanha (4,84 g) abaixo das plantas dos tratamentos que foram estressados nas Fases fenológicas anteriores (Fases A e B), com decréscimo em torno de 23,66% em relação à média das plantas estressadas na Fase B (6,34g) que, por sua vez, apresentaram um maior rendimento médio no peso da castanha.

Levando-se em conta os valores do quadrado médio dos contrastes para esta variável (Tabela 10), apenas duas lâminas (40 e 70% ETc) da Fase de produção

(Fase C) foram significativas ($p < 0,01$) e ($p < 0,05$) ao serem comparadas com a testemunha. Observa-se na Tabela 11, que esses tratamentos tiveram reduções em relação à testemunha (6,10g) da ordem de 28,36% para as plantas, que tiveram reposição de água com base em 40% da ETc e de 20,81% para o tratamento que recebeu 70% da ETc. Destaca-se aqui que os tratamentos submetidos a estresse na Fase de floração (Fase B) tiveram um peso médio da castanha acima do peso médio da testemunha, para três (40, 55 e 85% da ETc) das quatro lâminas utilizadas na reposição de água. Seguindo o mesmo comportamento do peso da matéria fresca e da matéria seca do pedúnculo verifica-se, através da Tabela 11, que o tratamento de 40% ETc na Fase de floração foi o que obteve maior peso da castanha, superando a testemunha em 8,2%.

O peso médio da castanha para a testemunha (6,10g) e o peso médio da castanha para o tratamento conduzido a 40% da ETc na fase de floração (6,60g) ainda estão abaixo dos 7,76 g, em média, obtidos também para o primeiro ano do Cajueiro Anão Precoce (CCP 76) por Oliveira (2002) em condições de campo, com as plantas submetidas a intervalos de irrigação que variaram de um a cinco dias. Mesquita (2003) obteve um peso médio de castanha de 7,96 g para esse mesmo clone em condições de irrigação; já Oliveira et al. (2004) trabalhando com o mesmo clone, obtiveram média de 8,19 g de PMFCast em sete anos de colheita, em regime de irrigação; entretanto, o peso médio da castanha obtido nas plantas conduzidas a 40% da ETc na fase de floração (6,60g) praticamente se iguala à média de 6,59g registrada também por Oliveira (2002) para os resultados de três anos consecutivos de cultivo do clone CCP 76 irrigado por microaspersão. Ribeiro et al. (2002a), estudando o mesmo clone em condições de sequeiro, registraram um peso médio da castanha de 7,3g para plantas cultivadas entre os 18 e 22 meses na região de São Raimundo Nonato, no Piauí.

Apesar da não significância detectada entre as plantas que foram submetidas a estresse na Fase de floração (Fase B) e a testemunha obtiveram-se nessas plantas os melhores índices de peso médio de castanha por planta, superando, inclusive a própria testemunha, mesmo tendo apresentado, no final do primeiro ano de cultivo, índices de crescimento inferiores (AP, DC, NF e AF), o que confirma Nambiar (1977) citado por Oliveira et al. (2003a) ao citar que a elevada

produtividade do cajueiro está associado ao crescimento vegetativo moderado das plantas.

- Peso da matéria fresca total

A prática da irrigação tem promovido o aumento da produtividade, bem como a diminuição dos riscos de perda e a possibilidade de ampliação do período de colheita na cultura do caju, principalmente em regiões do semi-árido brasileiro (Oliveira et al., 2004).

Na Tabela 9 encontra-se o resumo da análise de variância para o peso da matéria fresca total da unidade produtiva (PMFTot), que seguindo a tendência já encontrada para o PMFPed e o PMFCast, seus componentes de origem, observa-se uma significância ($p < 0,05$) para o fator Fases fenológicas, com as plantas estressadas durante a produção (Fase C) apresentando um PMFTot (24,93 g) abaixo das plantas estressadas nos estádios fenológicos anteriores (Fases A e B) que tiveram um peso de 43,10g e 51,34g, respectivamente. Este comportamento pode ser melhor compreendido através da análise da Tabela 10 a partir dos contrastes estudados, onde constatou-se que apenas as plantas que foram submetidas ao estresse durante esta Fase apresentaram diferenças significativas quando comparadas com a testemunha. Esses resultados, por outro lado, reforçam a importância de um suporte hídrico adequado durante a Fase de produção, o que contradiz Richards (1993), citado por Oliveira et al. (2004), que não encontrou diferenças significativas causadas pela irrigação na produção em um clone de caju BLA 39-4; já Ribeiro et al. (2002a) obtiveram redução da produção do clone de cajueiro CCP 76 quando da ocorrência de uma redução considerável no índice pluviométrico em regiões semi-áridas do Piauí.

Apesar do PMFTot não apresentar diferença significativa quando estudadas as Fases A e B, verificou-se que as plantas que foram submetidas a estresse na Fase de floração tiveram um PMFTot 19,1% maior que as plantas que passaram por déficit na Fase inicial (Tabela 9). Larcher (2000) cita que, em muitas plantas, o início de formação das flores requer uma indução por fatores externos, como radiação, temperatura ou uma deficiência hídrica incipiente, resultando em uma maior

produção. O maior PMFTot verificado nas plantas que foram estressadas durante a Fase de floração, o que pode ser explicado pela indução ocasionada pelo déficit hídrico, reforçando os resultados obtidos, uma vez que, essas plantas tiveram uma produção superior, inclusive à testemunha, haja vista que voltaram a receber um suporte hídrico adequado durante a produção.

Apesar de não ter constatado efeito significativo para as lâminas, percebeu-se que dentre as plantas que passaram por um déficit hídrico na Fase de floração, o tratamento que recebeu apenas 40% da ETc foi o que obteve o melhor resultado, no que se refere ao peso da matéria fresca total (Figura 17); entretanto, essa constatação é contrária às afirmações de Doorenbos e Kassam (1979), segundo os quais, para a maioria das culturas a fase de floração é a de maior exigência e nelas as plantas são mais sensíveis ao déficit hídrico, implicando na necessidade de um suporte hídrico oportuno e suficiente no solo para atender a máxima demanda da cultura.

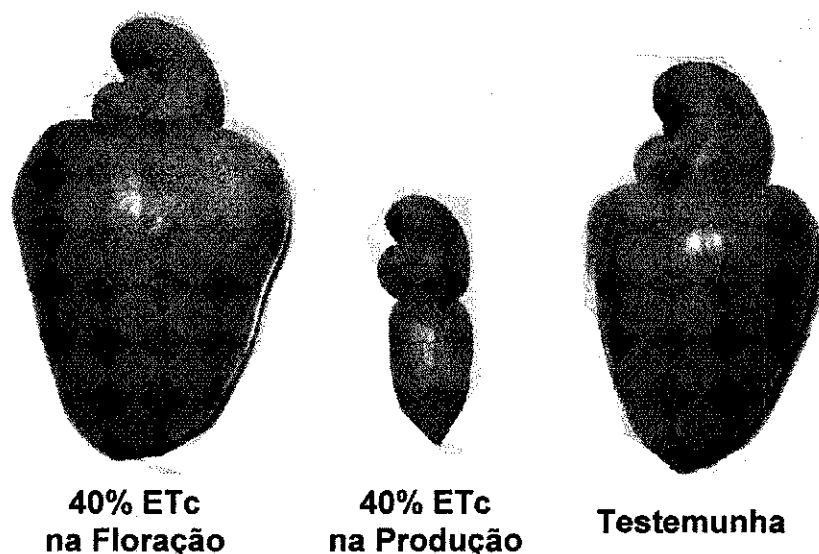


Figura 17. Detalhe dos cajus (pedúnculo + castanha) aos 360 DAT

O PMFTot obtido para a testemunha de 49,23g e para as plantas submetidas a estresse durante a floração (51,34 g); aos 360 DAT, ficaram bem abaixo dos 105,4g obtidos por Ribeiro e Ribeiro (2003) ao estudarem o mesmo clone em condições de campo e em regime de sequeiro no cerrado sul maranhense aos 540 DAT.

- Comprimento e diâmetro médio do pedúnculo

As análises de variância e as médias para o comprimento médio do pedúnculo (CMPed) e o diâmetro médio do pedúnculo (DMPed) estão dispostas na Tabela 12, na qual se verificou que não houve efeito significativo para lâminas nem para interação (L x F) em nenhuma das duas variáveis, ocorrendo o inverso para o fator fase fenológica, com o efeito significativo ($p < 0,05$) para ambas as variáveis.

Tabela 12. Resumo das análises de variância (ANOVA) para o Comprimento Médio do Pedúnculo (CMPed) e Diâmetro Médio do Pedúnculo (DMPed). Campina Grande, PB, 2007

Causa de variância	GL	Valores de Quadrado Médio	
		CMPed	DMPed
Lâminas (L)	3	1,983704 ^{NS}	9,7795370 ^{NS}
Fases (F)	2	683,200278 *	298,0133333 *
Interação (L x F)	6	45,253981 ^{NS}	16,4370370 ^{NS}
Fat. vs Test.	1	29,752137 ^{NS}	58,8094230 ^{NS}
Tratamentos	(12)	139,468974	65,2330769
Blocos	2	7,143333	4,8017949
Resíduo	24	29,205833	16,085962
CV (%)		10,96	11,26
FATORES		Médias	
		(mm)	(mm)
LÂMINAS (L)			
L ₁ (40% ETc)		48,56	33,74
L ₂ (55% ETc)		48,87	36,12
L ₃ (70% ETc)		48,96	35,65
L ₄ (85% ETc)		49,67	35,51
FASES (F)			
A (inicial)		48,02 b	35,29 b
B (floração)		57,01 a	40,22 a
C (produção)		42,02 c	30,25 c

* Significativo ($p < 0,05$); ** Significativo ($p < 0,01$); ^{NS} não significativo, pelo teste F; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ($p < 0,05$)

Considerando o comprimento médio do pedúnculo (CMPed), verifica-se que as plantas submetidas a estresse na fase de floração (Fase B) tiveram maior comprimento médio (57,01 mm), enquanto, para as plantas estressadas na Fase inicial de cultivo, este CMPed foi de 48,02 mm, ambas superando as plantas estressadas na Fase de produção, cujo comprimento médio ficou em 42,02 mm. O

CMPed das plantas que passaram por um déficit hídrico na Fase de produção, apresentou um decréscimo de 26,29% com relação ao comprimento médio alcançado pelas plantas estressadas durante a floração. Ribeiro e Ribeiro (2003) obtiveram um comprimento médio de 59 mm para o clone CCP 76, sob regime de sequeiro, no cerrado sul-maranhense, aos 540 DAT; Fragoso (1996), trabalhando com o mesmo clone, porém com oito anos de idade também obteve, em condições de sequeiro, no Estado do Ceará, um CMPed de 68,50 mm.

Verificou-se através da análise dos contrastes contidos na Tabela 13, que apenas três dos doze tratamentos foram significativos quando comparados com a testemunha; dois desses tratamentos foram os que receberam reposição de água com base em 40 e 70% da ETc na Fase de produção (Fase C), os quais apresentaram redução da ordem de 25,94 e 19,75%, quando comparados com a testemunha, respectivamente. Por outro lado, a significância ($p < 0,05$) apresentada pelo tratamento que recebeu suporte hídrico com base em 40% da ETc, na Fase de floração, se destacou em virtude de apresentar um incremento de 10,5 mm no comprimento médio do pedúnculo em relação à testemunha, o que corresponde a um acréscimo de 20,1% (Tabela 14).

Tabela 13. Valores de quadrado médio dos contrastes estudados para Comprimento Médio do Pedúnculo (CMPed) e Diâmetro Médio do Pedúnculo (DMPed). Campina Grande, PB, 2007

Contrastes	GL	Valores de Quadrado Médio	
		CMPed	DMPed
L ₁ (40% ETc) A vs Test.	1	99,226667 ^{NS}	109,2266667 *
L ₂ (55% ETc) A vs Test.	1	40,560000 ^{NS}	8,6400000 ^{NS}
L ₃ (70% ETc) A vs Test.	1	1,706667 ^{NS}	9,1266667 ^{NS}
L ₄ (85% ETc) A vs Test.	1	10,935000 ^{NS}	36,0150000 ^{NS}
L ₁ (40% ETc) B vs Test.	1	165,375000 *	9,12666667 ^{NS}
L ₂ (55% ETc) B vs Test.	1	19,440000 ^{NS}	0,20166667 ^{NS}
L ₃ (70% ETc) B vs Test.	1	2,940000 ^{NS}	2,16000000 ^{NS}
L ₄ (85% ETc) B vs Test.	1	17,001667 ^{NS}	0,06000000 ^{NS}
L ₁ (40% ETc) C vs Test.	1	276,081667 **	226,9350000 **
L ₂ (55% ETc) C vs Test.	1	112,666667 ^{NS}	126,9600000 **
L ₃ (70% ETc) C vs Test.	1	160,166667 *	120,6016667 *
L ₄ (85% ETc) C vs Test.	1	109,226667 ^{NS}	95,2016667 *
Resíduo	24	29,205833	16,08596200

* Significativo ($p < 0,05$); ** Significativo ($p < 0,01$); ^{NS} não significativo, pelo teste F.

Para o diâmetro médio do pedúnculo (DMPed) também se notou que as maiores médias foram obtidas para as plantas submetidas a estresse na Fase de floração (40,22 mm), seguidas das plantas estressadas na Fase inicial de crescimento (35,29 mm) e, por fim, as da Fase de produção. As plantas estressadas durante a produção apresentaram decréscimo da ordem de 24,78% em relação ao diâmetro médio do pedúnculo, quando comparadas com as plantas estressadas durante a floração (Fase B), o que corresponde a 9,97 mm.

Tabela 14. Médias do Comprimento Médio do Pedúnculo (CMPed) e Diâmetro Médio do Pedúnculo (DMPed). Campina Grande, PB, 2007

Tratamentos	Médias	
	CMPed (mm)	DMPed (mm)
L ₁ (40% ETc) A	44,17	31,33
L ₂ (55% ETc) A	47,10	37,47
L ₃ (70% ETc) A	51,23	37,40
L ₄ (85% ETc) A	49,60	34,97
L ₁ (40% ETc) B	62,80	42,33
L ₂ (55% ETc) B	55,90	40,23
L ₃ (70% ETc) B	53,70	38,67
L ₄ (85% ETc) B	55,67	39,67
L ₁ (40% ETc) C	38,73	27,57
L ₂ (55% ETc) C	43,63	30,67
L ₃ (70% ETc) C	41,97	30,90
L ₄ (85% ETc) C	43,77	31,90
Test. (100% ETc) ABC	52,30	39,87

Dentre os contrastes para o diâmetro médio do pedúnculo (DMPed) (Tabela 13), apenas cinco dos doze tratamentos tiveram diferenças significativas quando comparados com a testemunha (39,87mm), todos com médias abaixo da mesma (Tabela 14). As plantas que foram submetidas a estresse na Fase de produção (Fase C) indicaram um decréscimo médio do DMPed de 24,1% em relação à testemunha. Para clones de oito anos de idade de CCP 76 em condições de sequeiro, Fragoso (1996) obteve um DMPed de 49,90mm, 7,57 mm acima do maior valor médio encontrado no experimento (40% da ETc na Fase B).

- Número de frutos

Para esta variável, se considerou "fruto" a soma da unidade produtiva, ou seja, castanha + pedúnculo observando-se a partir da Tabela 15, que nem o fator lâmina de irrigação nem a interação (L x F) foram significativos; entretanto se constatou diferença significativa ($p < 0,05$) para o fator Fase fenológica.

Tabela 15. Resumo da análise de variância (ANAVA) para Número de Frutos (NFrutos), Produção Total (PTotal) e ° Brix. Campina Grande, PB, 2007

Causa de variância	de GL	Valores de Quadrado Médio		
		NFrutos	PTotal	° Brix
Lâminas (L)	3	236,062500 ^{NS}	187151,325 *	2,66962963 ^{NS}
Fases (F)	2	560,194444 *	1123910,279 *	4,95861111 ^{NS}
Interação (L x F)	6	105,944444 ^{NS}	94941,622 ^{NS}	0,75601852 ^{NS}
Fat. vs Test.	1	52,333867 ^{NS}	409877,137 *	0,54700855 ^{NS}
Tratamentos	(12)	209,714744	315733,450	1,91743590
Blocos	2	6,250000	121102,443	1,79794872
Resíduo	24	100,541667	61138,545	1,50711538
CV (%)		24,66	17,22	10,32
FATORES		Médias		
	(quant.)	(g planta ⁻¹)	° Brix	
LÂMINAS (L)				
L ₁ (40% ETc)		34,88	1228,33	12,65
L ₂ (55% ETc)		37,05	1404,24	11,65
L ₃ (70% ETc)		44,05	1408,74	11,67
L ₄ (85% ETc)		45,27	1581,52	11,43
FASES (F)				
A (inicial)		34,79 b	1392,92 b	12,47
B (floração)		38,20 ab	1717,94 a	11,90
C (produção)		47,95 a	1106,26 c	11,19

* Significativo ($p < 0,05$); ** Significativo ($p < 0,01$); ^{NS} não significativo, pelo teste F; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ($p < 0,05$)

As plantas submetidas a estresse hídrico na Fase de produção tiveram uma média de 47,95 frutos por planta, superando as plantas que passaram por um déficit hídrico no estágio inicial de desenvolvimento, em média em 13 frutos por planta; entretanto, chama-se atenção para a qualidade dos frutos produzidos pelas plantas estressadas na Fase C, cujo peso da matéria fresca total (24,93 g), ficou bem abaixo do peso das plantas estressadas durante a floração (51,34 g); referida constatação reforça as afirmações de Almeida et al. (1998) e Oliveira et al. (2004) em que o

aumento do número de frutos por planta causou redução no peso médio. Em geral, o número excessivo de frutos por planta em fruteiras está associado ao baixo peso médio desses frutos.

Através da Tabela 16, a qual se tem a análise dos contrastes para o número de frutos, verificou-se que apenas o tratamento que correspondeu à reposição de água de 40% da ETc na Fase inicial, foi significativo ($p < 0,05$), quando comparado com a testemunha, com média de 26,5 frutos produzidos por planta (Tabela 17), o que corresponde a 40,67% da quantidade média dos frutos produzidos pela testemunha.

Tabela 16. Valores de quadrado médio dos contrastes estudados para Número de Frutos (NFrutos) e Produção Total (PTotal). Campina Grande, PB, 2007

Contrastes	GL	Valores de Quadrado Médio	
		NFrutos	PTotal
L ₁ (40% ETc) A vs Test.	1	495,0416667 *	579020,535 **
L ₂ (55% ETc) A vs Test.	1	165,3750000 NS	142943,535 NS
L ₃ (70% ETc) A vs Test.	1	170,6666667 NS	242446,202 NS
L ₄ (85% ETc) A vs Test.	1	0,0416667 NS	99846,000 NS
L ₁ (40% ETc) B vs Test.	1	294,0000000 NS	85,127 NS
L ₂ (55% ETc) B vs Test.	1	108,3750000 NS	16875,207 NS
L ₃ (70% ETc) B vs Test.	1	32,6666667 NS	44324,415 NS
L ₄ (85% ETc) B vs Test.	1	96,0000000 NS	572,327 NS
L ₁ (40% ETc) C vs Test.	1	12,0416667 NS	1725491,627 **
L ₂ (55% ETc) C vs Test.	1	22,0416667 NS	829857,660 **
L ₃ (70% ETc) C vs Test.	1	26,0416667 NS	489289,927 **
L ₄ (85% ETc) C vs Test.	1	150,0000000 NS	182910,960 NS
Resíduo	24	100,5416670	61138,545

* Significativo ($p < 0,05$); ** Significativo ($p < 0,01$); NS não significativo, pelo teste F

Apesar de não ter sido detectada diferença significativa entre as parcelas da Fase de produção e da Fase de floração, o cajueiro que foi submetido a estresse na Fase final do ciclo teve um incremento de 25,52% em relação às plantas submetidas a estresse durante a floração, o que corresponde a 9,75 frutos.

Tabela 17. Médias do Número de Frutos (NFrutos) e Produção Total (PTotal). Campina Grande, PB, 2007

Tratamentos	Médias	
	NFrutos (quant.)	PTotal (g)
L ₁ (40% ETc) A	26,50	1169,13
L ₂ (55% ETc) A	34,17	1481,73
L ₃ (70% ETc) A	34,00	1388,40
L ₄ (85% ETc) A	44,50	1532,43
L ₁ (40% ETc) B	30,67	1797,97
L ₂ (55% ETc) B	36,17	1684,37
L ₃ (70% ETc) B	49,33	1618,53
L ₄ (85% ETc) B	36,67	1770,90
L ₁ (40% ETc) C	47,50	717,90
L ₂ (55% ETc) C	40,83	1046,63
L ₃ (70% ETc) C	48,83	1219,30
L ₄ (85% ETc) C	54,67	1441,23
Test. (100% ETc) ABC	44,67	1790,43

Mesmo não havendo diferenças significativas entre o tratamento em que as plantas receberam lâminas de reposição equivalente a 85% da ETc na Fase de produção e a testemunha, observou-se que essas plantas tiveram maior média de frutos produzidos com 54,67 unidades por planta, superando a testemunha em 10 frutos ou 22,38%. Paiva et al. (1998), obtiveram, em plantas autofecundadas de CCP 76, uma média de 89,9 frutos por planta, em condições de campo, aos 360 DAT, na região de Pacajus, CE; Cavalcanti et al. (2003) em estudos realizados também no Ceará com o mesmo clone e em regime se sequeiro, com idade de seis anos, obtiveram uma média de 79,74 frutos/planta; já Silva et al. (1998b), estudando o clone CCP 76 em região do semi-árido norte-rio-grandense, encontraram uma média de 83 frutos por planta em cultivo de campo, com idade de sete anos.

- Produção total

Pode-se encontrar, na Tabela 16, os dados referentes à análise de variância da média da produção total (PTotal) por planta, de acordo com o seu respectivo tratamento.

Constatou-se efeito significativo ($p < 0,05$) para o fator Lâminas (L) e para o fator Fases fenológicas (F); não se detectou, no entanto, efeito significativo para a interação (L x F). Como o fator lâmina é quantitativo, realizou-se análise de regressão e se obteve a equação que melhor expressa a PTotal do Cajueiro Anão Precoce em seu primeiro ano de ciclo, em função das lâminas aplicadas (40, 55, 70 e 85% da ETc). Na Tabela 18, se encontram os valores de quadrado médio para esta análise de regressão, na qual se tem uma significância ($p < 0,05$) para as regressões polinomiais linear e quadrática e não significância para a regressão polinomial cúbica.

Tabela 18. Valores de quadrado médio da análise de regressão para Produção Total (PTotal). Campina Grande, PB, 2007

Causa de variância	GL	Quadrado Médio PTotal
Lâminas (L)		
Regressão Polinomial Linear	1	169282,817 *
Regressão Polinomial Quadrática	1	6,750 *
Regressão Polinomial Cúbica	1	17306,017 ^{ns}
Resíduo	8	26346,583
CV (%)		11,55

* Significativo ($p < 0,05$); ^{ns} não significativo, pelo teste F.

Desta forma, a equação que melhor se ajustou ao comportamento da produção total obtida nos tratamentos, foi a linear, com um coeficiente de determinação (r^2) de 0,90, conforme Figura 18.

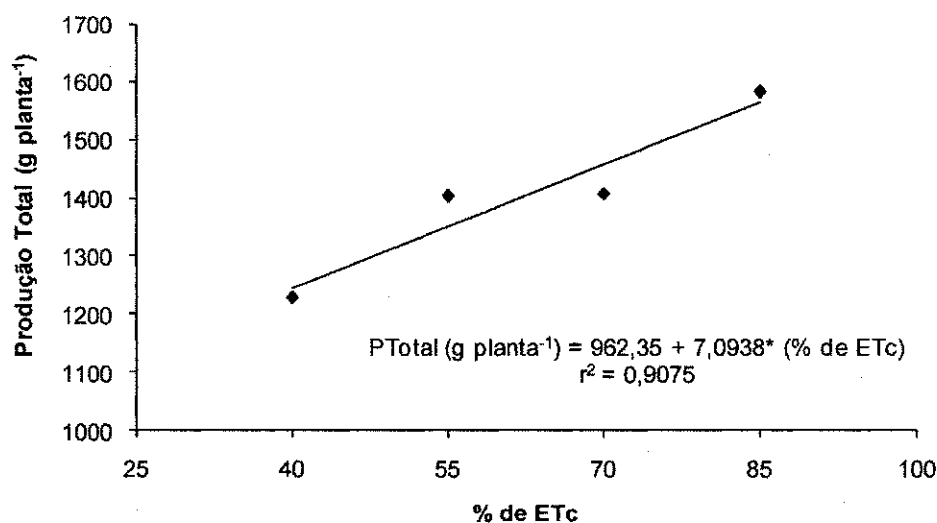


Figura 18. Produção total (pedúnculo + castanha) do Cajueiro Anão Precoce, aos 360 DAT, em função do estresse hídrico. Campina Grande, PB, 2007

Constatou-se incremento de 7,09 g planta⁻¹ na PTotal da planta, com o aumento na lâmina de reposição de água, em função de cada acréscimo unitário percentual da ETc.

Dentre as Fases fenológicas verificou-se, Tabela 15, que as plantas submetidas a estresse no estágio de floração (Fase B) tiveram maior PTotal (1717,94g) vindo, em seguida, as plantas estressadas no estágio inicial de desenvolvimento (1392,92g), que apresentaram um decréscimo em relação as plantas estressadas na Fase B, de 18,92%; já para as plantas estressadas na produção (1106,26g), esse decréscimo chegou a 35,60%, quando também são comparadas com as plantas estressadas na Fase B.

Silva et al. (1998b), obtiveram em plantas de CCP 76 com mais de sete anos de idade em condições de sequeiro, PTotal de 7674,00 g planta⁻¹. Mesquita (2003) descreve um PTotal em torno de 147,96 g por fruto (castanha + pedúnculo), projetando uma média para PTotal na testemunha, no atual experimento, de 6658,20 g planta⁻¹ aos 360 DAT, do que se pode considerar uma produtividade satisfatória, levando-se em conta que, no geral, se espera no Cajueiro Anão Precoce uma menor produção no seu primeiro ano de ciclo, face à primeira frutificação ser conhecidamente pouco significativa (Oliveira et al., 2003a).

Ressalta-se que a PTotal da testemunha (1790,43g) superou a produção das plantas que foram submetidas a estresse no último estágio fenológico (1106,26g) do seu primeiro ano de ciclo em 684,17g, correspondendo a uma queda de 38,21% na produção, provocada pela diminuição do suporte hídrico às plantas deste tratamento na Fase de produção. Mesmo apresentando uma produção baixa, verificou-se, neste tratamento, um maior número de frutos por planta superando, inclusive, a testemunha, em 7,34% (Tabelas 15 e 17), evidenciando que o estresse provocado nas plantas por diminuição da água na Fase de produção de frutos foi responsável pela queda na qualidade desses frutos. Mais uma vez, é demonstrada a grande importância de um suprimento ideal de água.

Observando-se a Tabela 16, na qual estão dispostos os contrastes para a produção total (PTotal) por planta, verificou-se que quatro dos doze tratamentos apresentaram, estatisticamente, diferenças significativas quando comparados com a testemunha; apesar de não ser detectada diferença significativa entre os tratamentos cujas plantas foram submetidas a déficit na Fase de floração do cultivo, notou-se que este foi o único tratamento, "em termos absolutos" que teve sua PTotal próxima ou acima da testemunha; este comportamento tem se mantido em quase todas as variáveis de produção, com exceção do número de frutos produzidos por planta.

Este fato ganha importância ao se constatar, na Figura 19, que as plantas dos tratamentos submetidos a menor lâmina (40% da ETc) na Fase de floração (Fase B) consumiram, em média, 149,1 litros a menos que a testemunha, obtendo-se uma produção (1797,97g), similar à mesma (1790,43g); já o tratamento L₁A (plantas que receberam essa mesma lâmina no estágio inicial de cultivo), que consumiu 19,4 litros a menos que as plantas do tratamento L₁B, teve uma queda de 628,84g na PTotal. Conforme discussão anterior, este quadro se repete para as plantas em que seus tratamentos tiveram diminuição do suporte hídrico durante a produção, ressaltando a importância de um bom suprimento de água nas Fases inicial de desenvolvimento e também durante a Fase de produção do Cajueiro Anão Precoce.

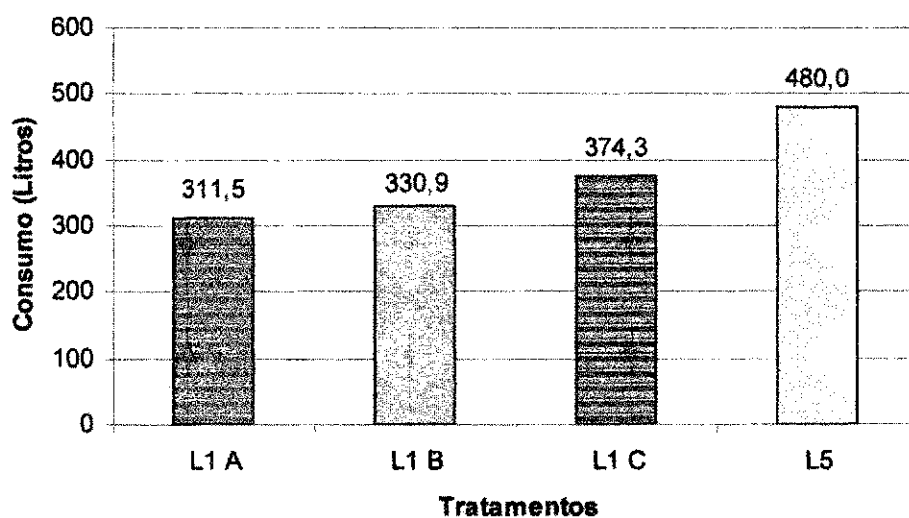


Figura 19. Comparativo do volume total de água consumido pelas plantas submetidas a 40% da ETc nas três Fases fenológicas (inicial, floração e produção) e testemunha, durante todo o primeiro ano de ciclo. Campina Grande, PB, 2007

A quantidade de água aplicada não é diretamente proporcional à produção obtida; constata-se, na Figura 20, que as plantas submetidas a um estresse hídrico de 85% da ETc (L₄B) na Fase de floração consumiram 126,3 litros a mais que as plantas que foram submetidas a um déficit hídrico de 40% da ETc (L₁B) no referido estágio fenológico; entretanto, esses dois tratamentos apresentaram praticamente uma mesma P_{Total} (1797,97g para a L₁B e 1770,90 para L₄B).

Esta observação é reforçada por Larcher (2000) e Vaz et al. (2004) quando citam que a baixa disponibilidade de água para as plantas pode causar uma alteração na fisiologia do vegetal, induzindo sua floração, o que pode ser refletido em maior produção.

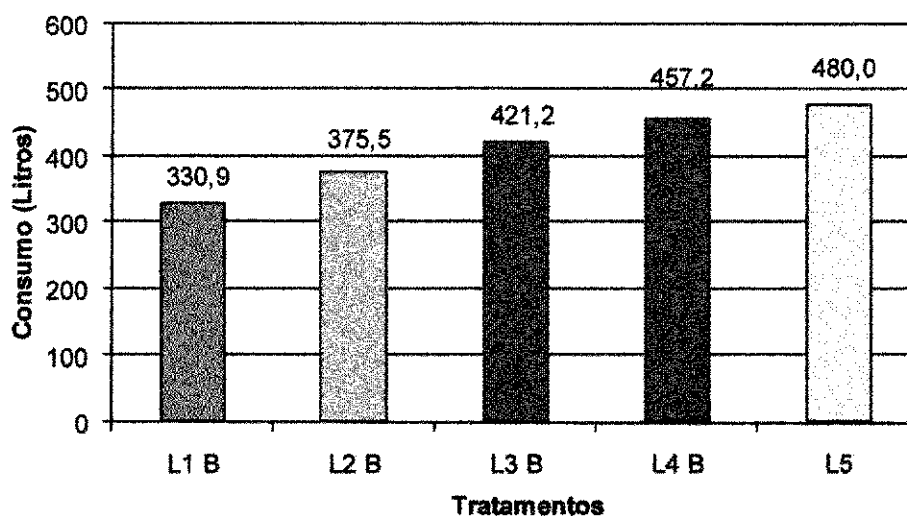


Figura 20. Comparativo do volume total de água consumido pelas plantas das diferentes lâminas de estresse submetidas a déficit hídrico na fase de floração e da testemunha durante todo o primeiro ano de ciclo (L₁=40%, L₂=55%, L₃=70%, L₄=85% e L₅=100% da ETc). Campina Grande, PB, 2007

Na Figura 21 está disposto o volume médio total de água consumido pelas plantas de cada tratamento ao longo do seu primeiro ano de ciclo (360 DAT). Observa-se que o consumo de água das plantas que tiveram os maiores índices produtivos (L₁B) ficou muito próximo do volume médio de água consumido pelas plantas que tiveram menor suporte hídrico de reposição (L₁A).

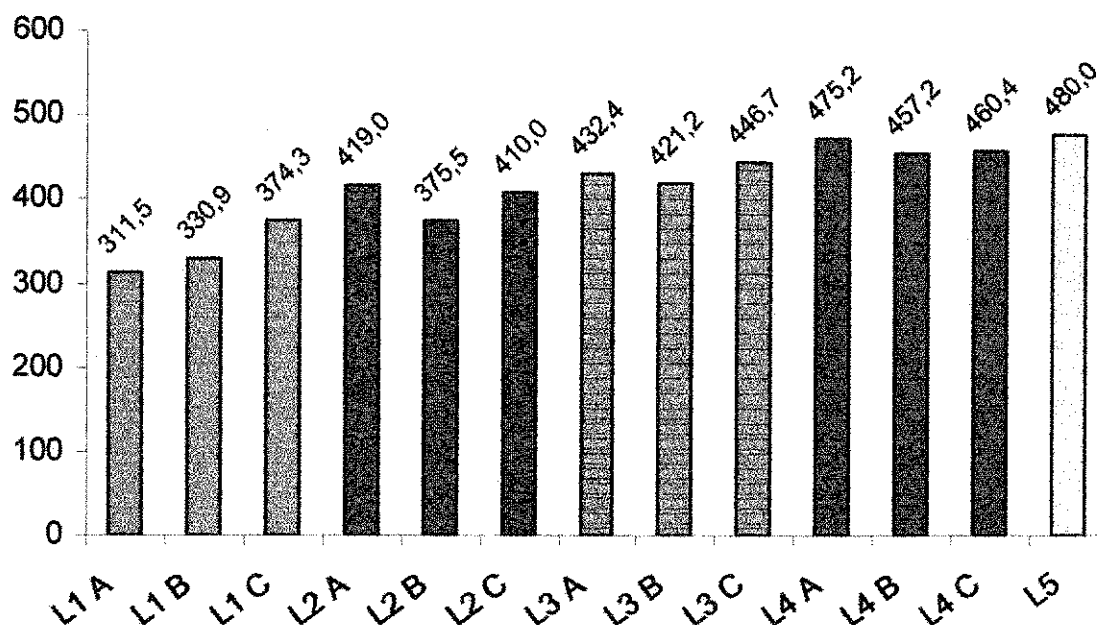
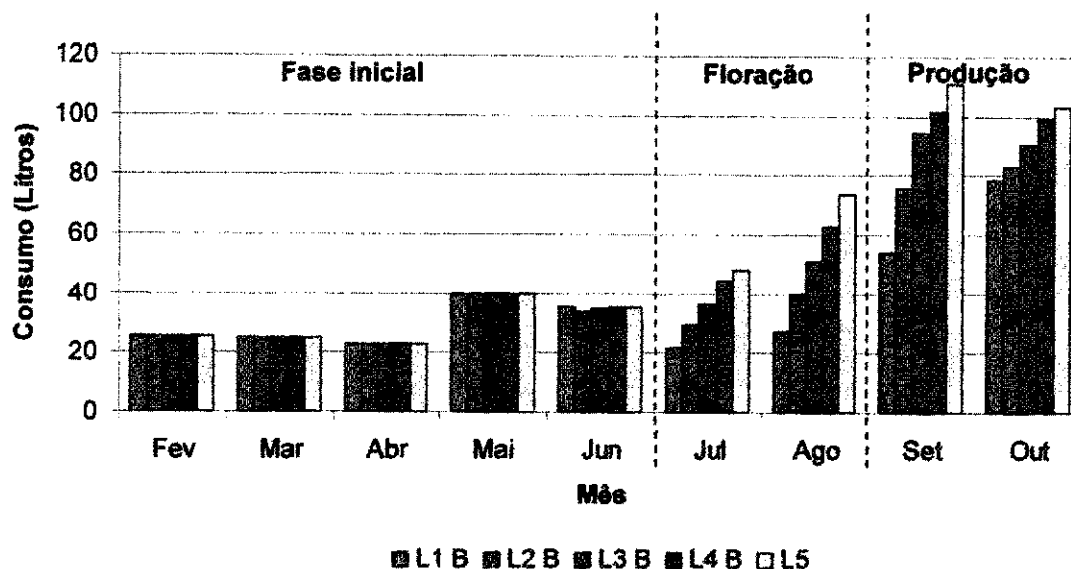


Figura 21. Volume total de água consumido por tratamento ($L_1=40\%$, $L_2=55\%$, $L_3=70\%$, $L_4=85\%$ e $L_5=100\%$ da ETC) (A=Fase inicial, B=Fase de floração, C=Fase de produção). Campina Grande, PB, 2007

Observa-se, na Figura 22, o volume mensal de água ao longo do tempo, consumido pelas plantas dos tratamentos que passaram por déficit hídrico apenas durante a Fase de floração e se nota, a partir de julho (240 DAT), um volume consumido apresentando variação, justamente tendo em vista que nesse período as plantas desses tratamentos passaram a ter sua reposição hídrica reduzida de acordo com as quatro lâminas previamente estabelecidas. Observa-se, ainda, que, a partir de setembro, essas plantas voltaram a ser irrigadas com base na reposição de 100% da ETC; entretanto, o consumo das plantas desses tratamentos não se assemelha ao da testemunha devido provavelmente, ao estresse recebido durante a floração. Essas plantas, mesmo consumindo menos água que a testemunha, chegaram a superar a produção das plantas que não foram submetidas a estresse hídrico durante todo o primeiro ano de ciclo.

Oliveira et al. (2003b) citam um consumo médio de água para o Cajueiro Anão Precoce na região semi-árida do Ceará, irrigado por microaspersão, aos cinco anos de idade, de $147,8 \text{ litros dia}^{-1}$. Nas condições desenvolvidas no experimento, com plantas irrigadas por gotejamento, o consumo médio diário durante a Fase de produção para a testemunha foi de $3,5 \text{ litros dia}^{-1}$.



A partir do mês de junho o valor de L_5 corresponde a ETc da cultura.

Figura 22. Volume de água mensal consumido pelas plantas submetidas a estresse hídrico na fase de floração ($L_1=40\%$, $L_2=55\%$, $L_3=70\%$, $L_4=85\%$ e $L_5=100\%$ da ETc). Campina Grande, PB, 2007

- ° Brix

Verificou-se que não houve efeito significativo para o ° Brix, entre os tratamentos e seus fatores (Tabela 15). A média dos tratamentos foi de ° Brix de 11,85, próxima ao ° Brix encontrado por Crisóstomo et al. (2002), ou seja, de 12,1 para o clone CCP 76, cultivado em condições de sequeiro na cidade de Pacajus, CE. Ribeiro e Ribeiro (2003), ao estudarem o mesmo clone em condições de sequeiro no cerrado sul - maranhense, obtiveram ° Brix de 11,7. Bezerra e Damasceno Júnior (2002), estudando o CCP 76 irrigado por microaspersão com espaçamento adensado (4x3m), encontraram ° Brix de 11,9.

A não significância observada para o ° Brix ocorreu, inclusive, entre a testemunha e as plantas do tratamento correspondente à reposição de 40% da ETc durante o estágio inicial de desenvolvimento (L_1A), embora essas plantas consumissem 168,5 litros de água a menos; tal constatação permite afirmar que dentro do limite das condições do experimento a variação das lâminas e a época em que as plantas foram submetidas ao estresse nos diversos estádios do primeiro ano de ciclo do Cajueiro Anão Precoce, não afetaram ° Brix.

6. CONCLUSÕES

- As plantas submetidas a estresse hídrico no estágio inicial de desenvolvimento tiveram um crescimento inferior ao da testemunha, com decréscimo de 27,92% na altura da planta, 37,87% no diâmetro caulinar e 39,20% na área foliar;
- As plantas submetidas a estresse hídrico na fase de produção tiveram curvas de crescimento próximas à da testemunha;
- A eficiência quântica do fotossistema II foi afetada apenas no final do ciclo, com as plantas estressadas durante a produção apresentando eficiência quântica (77,0%) inferior à testemunha (82,4%);
- As plantas com lâmina de reposição com base em 40% da evapotranspiração da cultura (ET_c), no final do ciclo, apresentaram resistência estomática de $2,023 \text{ s cm}^{-1}$, ou seja, 2,14 e 2,49 vezes superior às plantas que foram estressadas durante as Fases inicial de crescimento e de produção, respectivamente;
- As plantas cujos tratamentos foram submetidos a estresse hídrico na época da floração, tiveram maior peso de matéria fresca do pedúnculo, da castanha e do peso da matéria fresca total, além do comprimento médio e diâmetro médio do pedúnculo, quando comparadas com as plantas que foram

submetidas a estresse hídrico nas Fases inicial de crescimento e de produção;

- O cajueiro submetido a estresse hídrico na Fase de produção apresentou maior quantidade média de frutos por planta (47,95) porém com um peso da matéria fresca total (24,93g) menor que os demais tratamentos, resultando em uma menor produção total por planta;
- O estresse hídrico com base em uma reposição de 40% da ETc na fase de floração do Cajueiro Anão Precoce proporcionou os maiores índices produtivos, excetuando o número de frutos;
- O acréscimo unitário percentual da ETc na lâmina de reposição de água proporcionou um incremento de 7,09 g planta⁻¹ na produção total de frutos (pedúnculo + castanha) por planta;
- A lâmina de reposição com base em 40% da ETc, aplicada na Fase de floração, proporcionou um consumo médio de 149,1 litros a menos que a testemunha mantendo-se, entretanto, o mesmo quantitativo de produção;
- O déficit hídrico não afetou a quantidade de sólidos solúveis totais (° Brix).

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.A.G.; ALMEIDA, F.C.G.; MARTINS JÚNIOR, W.; MENESES JÚNIOR, J.; CARVALHO, P. R. de. Produtividade potencial de plantas enxertadas de cajueiro-anão (*Anacardium occidentale* L.) em condições de irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.20, n.3, p.343-352, 1998.

ALMEIDA, J.I.L.; ARAÚJO, F.E.; LOPES, J.G.V. **Evolução do Cajueiro Anão Precoce na Estação Experimental de Pacajus, Ceará**. Fortaleza: EPACE, 1993. 17p. (EPACE. Documentos, 6).

ALVES, E.F.; CASTRO, P.T. de; BEZERRA, F.M.L.; SANTOS, F.J. de S.; LIMA, R.N. de. Avaliação dos parâmetros de crescimento de mudas de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) sob diferentes lâminas de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v.19, n.2, p.142-150, 1999.

ARAÚJO, C.A.S. **Avaliação de feijoeiros quanto a tolerância à salinidade em solução nutritiva**. 1994. 87p. Tese mestrado – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

AWAD, M.; CASTRO, P.R.C. **Introdução à fisiologia vegetal**. São Paulo: Nobel, 1979p. 1983.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. (trad.) **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999. 218p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).

BARROS, L. de M. Biologia floral, colheita e rendimento. In: LIMA, V. de P.M.S (Org.) **A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: BNB/ETENE, 1988. Cap. 11, p. 301-319 (BNB/ETENE. Estudos Econômicos e Sociais, 35).

BARROS, L. de M. Botânica, origem e distribuição geográfica. In: ARAÚJO, J. P. P. de; SILVA, V.V. da (Org.) **Cajucultura: modernas técnicas de produção**. Fortaleza: EMBRAPA/CNPAT, 1995. cap. 3, p. 55-71.

BARROS, L.M.; CAVALCANTI, J.J.V.; PAIVA, J.R.; CRISÓSTOMO, J.R.; LIMA, A.C. Seleção de clones de cajueiro-anão para o plantio comercial no Estado do Ceará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.11, p.1-14, 2000.

BARROS, L. de M.; CRISÓSTOMO, J.R. Melhoramento genético do cajueiro. In: ARAÚJO, J.P.P. de; SILVA, V.V. da (Org.) **Cajucultura: modernas técnicas de produção**. Fortaleza: EMBRAPA/CNPAT, 1995. cap. 4, p. 73-93.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42p.

BERGAMASHI, H. Desenvolvimento de déficit hídrico em culturas. In: BERGAMASHI, H. (coord). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Cap.2. 2º ed. Porto Alegre: UFRGC, 1999. p.25-32.

BEZERRA, F.C.; DAMASCENO JÚNIOR, J.A. **Qualidade de pedúnculo de cajueiro-anão-precoce cultivado sob irrigação e submetido a diferentes sistemas de condução e espaçamento**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 4p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 72).

BITTMAN S.; SIMPSON, G.M. Soil water deficit effect on yield, leaf area, and net assimilation rate of three forage grasses: Crested wheatgrass, Madison smooth bromegrass, and altai wildrye. **Agronomy Journal**, v.79, p.768-774, 1987.

BJÖRKMAN, O.; POWLES, S.B. Inhibition of photosynthetic reactions under water stress: interaction with light level. **Planta**, New York, v.161, p.490-504, 1984.

BLIZZARD, W.E.; BOYER, J.S. Comparative resistance of the soil and the plant to water transport. **Plant Physiology**, v.66, p.809-814. 1980.

BOLHAR-NORDENKAMPF, H.R.; LONG, S.P.; BAKER, N.R.; ÖQUIST, G.; SCHREIBER, U.; LECHNER, G. Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation. **Functional Ecology**, v.3, p. 497-514, 1989.

BOYER; J.S. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean, and sunflower at various leaf water potentials. **Plant Physiology**, v.46, p.233-235. 1970.

CAIRO, P.A.R. **Curso básico de relações hídricas de plantas**. Vitória da Conquista: UESB, 1995. 32p.

CALBO, A.G.; SILVA, W.L.C.; TORRES, A.C. Comparação de modelos e estratégias para análise de crescimento. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.1, n.1, p. 1-7, 1989a.

CALBO, A.G.; SILVA, W.L.C.; TORRES, A.C. Ajuste de funções não lineares de crescimento. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.1, n.1, p. 9-18, 1989b.

CARNEIRO, P.T.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; SOARES, F.A.L. Germinação e crescimento inicial de genótipos de cajueiro anão-precocce em condições de salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, v.6, n.2, p.199-206, 2002.

CARNEIRO, P.T.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; SOARES, F.A.L.; VIANA, S.B.A. Salt tolerance of precocious-dwarf cashew rootstocks-physiological and growth indexes. **Scientia Agricola**, v.61, n 1, p.9-16, 2004.

CASTRO NETO, M.T. de. Efeito do déficit hídrico na transpiração e resistência estomática da mangueira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, n 1, p.93-95, 2003.

CAVALCANTI, J.J.V.; CRISÓSTOMO, J.R.; BARROS, L. de M.; PAIVA, J.R. de. Heterose em cajueiro anão precoce. **Ciência Agrotécnica**, v.27, n 3, p.565-570, 2003.

CAVALCANTI JÚNIOR, A.T.; MATOS, N.N.; SILVEIRA, J.A.G. Comportamento estomático do porta-enxerto CCP 06 e da muda enxertada CCP 76/06, submetidos aos estresses hídrico e salino. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. 11p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 09).

CIRILO, A.G.; ANDRADE, F.H. Sowing date and kernel weight in maize. **Crop Science**, Madison, v.36, p.325-331, 1996.

COLLI, S. Etileno. In: KERBAUY, G.B. (org.). **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A. 2004. cap. 12, p. 308-332.

COSTA, C.A. F. **Cultura do cajueiro**. Aracajú: SUDAP/COPEA, 1986. 20p. (Sergipe. SUDAP. Circular Técnica, 2).

CRISÓSTOMO, J.R.; CAVALCANTI, J.J.V.; BARROS, L. de M.; ALVES, R.E.; FREITAS, J.G.; OLIVEIRA, J.N. Melhoramento do cajueiro-anão-precoce: avaliação da qualidade do pedúnculo e a heterose dos seus híbridos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n 2, p.477-480, 2002.

CRISÓSTOMO, L.A.; SANTOS, F.J. de S.; OLIVEIRA, V.H. de. van RAIJ B.; BERNARDI, A.C. de C.; SILVA, C.A.; SOARES, I. **Cultivo do Cajueiro Anão Precoce: aspectos fitotécnicos com ênfase na adubação e na irrigação**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001a. 19p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Circular Técnica, 08).

CRISÓSTOMO, L.A.; SANTOS, F.J. de S.; OLIVEIRA, V.H. de. van RAIJ B.; BERNARDI, A.C. de C.; SILVA, C.A.; SOARES, I. **Cultivo do Cajueiro Anão Precoce: aspectos fitotécnicos com ênfase na adubação e na irrigação.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001b. 8p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Circular Técnica, 10).

DOORENBOS, J; KASSAM, A.H; tradução de H.R. Gheyi, A.A. de Sousa, F.A.V. Damasceno, J.F. de Medeiros. **Efeito da água no rendimento das culturas.** Campina Grande: UFPB, 1979. 306p.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Necessidades hídricas das culturas.** (trad.). Campina Grande: UFPB, 1997. 204p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 24).

DURÃES, F.O.M.; OLIVEIRA, A.C.; MAGALHÃES, P.C.; MARTINEZ, C.A. Efecção de condições de estresse em plantas e potencial para "screening" em milho através da fluorescência da clorofila. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 45; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 28., 2000, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2000. (Embrapa Clima Temperado. Documento, 70).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.

EPRON, D.; DRYER, E. Stomatal and non stomatal limitation of photosynthesis by leaf water deficits in three oak species: a comparison of gas exchange and chlorophyll a fluorescence data. **Annales des Sciences Forestières**, v.47, 435-450, 1990.

FARIA, M.A. de. Manejo de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA/SBEA, 1998.

FERNÁNDEZ, C.J.; McINNES, K.J.; COTHREN, J.T. Water status and leaf area production in water-and nitrogen-stressed cotton. **Crop Science**, v.36, p.1224-1233, 1996.

FERREIRA, L.G.R. **Fisiologia vegetal: relações hídricas**. Fortaleza: Edições Universidade Federal do Ceará, 138p. 1988.

FERREIRA, P.V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 3. ed. Maceió: EDUFAL, 2000. 421p.

FRAGOSO, H. de A. **Teores nas folhas e exportação de macronutrientes através da castanha e do pseudofruto de dois clones de cajueiro anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.)**. 1996. 58p. Tese mestrado – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1996.

GERIK, T.J.; FAVER, K.L.; THAXTON, P.M. Late season water stress in cotton: I. Plant growth, water uses, and yield. **Crop Science**, v.36, p.914-921, 1996.

GUERRA, H.O.C. **Física dos solos**. Campina Grande: UFPB. 175p. 2000.

HARGREAVES, G.H.; SAMANI, Z.A. **Reference crop evapotranspiration from ambient air temperature**. Chicago: Amer. Soc. Agric. Eng. Meeting. (Paper 85-2517), 1985.

HARTUNG, W.; RADIN, J.W.; HENDRIX, D.L. Abscisic acid movement into the apoplastic solution of water-stressed cotton leaves. Role of apoplastic pH. **Plant Physiology**, v.86, p.908-913. 1988.

HOFFMANN, R. **Análise de regressão – uma introdução à economia**. 3. ed. São Paulo: HUCITEC, 1998. 379p.

INSTITUTO CENTRO DE ENSINO TECNOLÓGICO - CENTEC. **Produtor de caju**. 2.ed.rev. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha; Ministério da Ciência e Tecnologia, 2004. 56p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. (Trad.) de Prado, C. H. B. A. São Carlos: RiMa, 2000. 500p.

LAUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Plant responses to saline and sodic conditions. In: TANJI, K.K. (Ed.) **Agricultural salinity assessment and management**. New York: ASCE, 1990. cap. 6, p.113-137.

LAWLOR, D.W.; DAY, W.; JOHNSTON, A.E. Growth of spring barley under drought: crop development, photosynthesis, dry-matter accumulation and nutrient content. **Journal of Agriculture Science**, v.96, p.167-186, 1981.

LECOEUR, J.; SINCLAIR, R.T. **Field pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits**. Crop Science, Madison, v.36, p.331-335, 1996.

LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. 2.ed. Piracicaba: P. L. Libardi, 2000. 517p.

MIRANDA, F.R. **Irrigacaju: planilha eletrônica para o manejo da irrigação na produção integrada de caju**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2005a. 8p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Circular Técnica, 23).

MIRANDA, F.R. de. Irrigação. In: OLIVEIRA, V.H. de; COSTA, V.S. de O. (ed.) **Manual de produção integrada de caju**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2005b. cap. 11, p. 173-194.

MOHR, H.; SCHOPFER, P. **Plant physiology**. Berlin: Springer Verlag, 1995. 629p.

MONTENEGRO, A.A.T.; CARBAJAL, Á.C.R.; MESQUITA, A.L.M.; AQUINO, A.R.L. de; FREIRE, F. das C.O.; OLIVEIRA, F.N.S.; ARAÚJO FILHO, G.C. de; PAIVA, J.R. de; PAZ, J. de S.; PARENTE, J.I.G.; MOSCA, J.L.; BARROS, L. de M.; CRISÓSTOMO, L.A.; PESSOA, P.F.A. de P.; LIMA, R.N. de; SILVEIRA, S.S.; OLIVEIRA, V.H. de. (ed.) **Cultivo do cajueiro**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. (<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Caju/CultivodoCajueiro/index.htm>) Acesso em 29/03/2007.

MOREIRA, M.A. **Sistemas sensores**. Disponível em: <<http://tid.inpe.br/dsr/mauricio/sensores.pdf>> Acesso em: 03 de setembro de 2003.

MESQUITA, R.C.M. **Fenologia e produtividade de progênies sexuada e assexuada de cajueiro comum e anão (*Anacardium occidentale* L.). sob irrigação.** 2003. 85p. Tese doutorado – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.

MESQUITA, R.C.M.; PARENTE, J.I.G.; MONTENEGRO, A.A.T.; COSTA, J.T.A.; MELO, F.I.O.; PINHO, J.L.N. de; CAVALCANTI JÚNIOR, A.T. Influência de regimes hídricos na fenologia do crescimento de clones e progênies de cajueiro precoce e comum nos primeiros vinte meses. **Revista Ciência Agronômica**, v.35, n.1, p.96-103, 2004.

NeSMITH, D.S.; RITCHIE, J.T. Short- and long-term responses of corn to a preanthesis soil water deficit. **Agronomy Journal**, v.84, p.107-113, 1992.

OLIVEIRA, V.H. de. Influencia da irrigação na produção de pedúnculo e de castanha em clones de cajueiro-anão-precoce. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.3, p.717-720, 2002.

OLIVEIRA, V.H. de; BARROS, L. de M.; LIMA, R.M de. Influência da irrigação e do genótipo na produção de castanha em cajueiro-anão-precoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.1, p.61-66, 2003a.

OLIVEIRA, V.H. de; CRISÓSTOMO, L.A.; MIRANDA, F.R. de. **Produtividade de clones de cajueiro anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.) irrigados no município de Mossoró-RN.** Fortaleza: EMBRAPA/CNPAT, 1998. 6p. (Comunicado Técnico, nº 14).

OLIVEIRA, V.H. de; MIRANDA, F.R.; LIMA, R.N. de; CAVALCANTE, R.R.R. **Produção de castanha em cajueiro-anão precoce sob diferentes regimes hídricos.** Fortaleza: EMBRAPA/CNPAT, 2004. 20p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Circular Técnica, nº 19).

OLIVEIRA, V.H. de; SANTOS, F.J. de S.; CRISÓSTOMO, L.A.; SAUNDERS, L.C. U. **Manejo da Irrigação na Produção Integrada do Cajueiro-Anão Precoce**. Fortaleza: EMBRAPA/CNPAT, 2003b. 7p. (Circular Técnica, nº 15).

OLIVEIRA, V.H. de; SANTOS, F.J. de S.; MIRANDA, F.R.; ALMEIDA, J.I.L.; SAUNDERS, L.C.U. Avanços de pesquisa em cajucultura irrigada. In: WORKSHOP AVANÇOS TECNOLÓGICOS NA AGROINDÚSTRIA TROPICAL, 1997, Fortaleza. **Palestras...** Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1997. 48p. p.26-27.

ORTOLANI, A.A.; CAMARGO, M.B.P. Influência dos fatores climáticos na produção. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, 1987. p.71-100.

PAIVA, J.R. de; BARROS, L. de M.; CRISÓSTOMO, J.R.; ARAÚJO, J.P.P. de; ROSSETTI, A.G.; CAVALCANTE, J.J.V.; FELIPE, E.M. Depressão por endogamia em progênies de cajueiro anão precoce var. nanum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.4, 1998.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia – fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 480p.

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ, 1997a. 183 p.

PEREIRA, R. de C.A.; LEDO, A. da S.; AZEVEDO, F.F. de; SALES, F. de. **Avaliação de clones de cajueiro anão precoce em Rio Branco - Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 1997b. 2p. (Pesquisa em andamento, nº 115).

PERES L.E.P e KERBAUY, G.B. Citocininas. In: KERBAUY, G.B. (org.). **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A. 2004. cap. 9, p. 250-278.

PIRES, R.C.M.; SAKAI, E.; ARRUDA, F.B; FOLEGATTI, M.V. Necessidades hídricas das culturas e manejo da irrigação. In: MIRANDA, J.H.; PIRES, R.C.M. **Irrigação**. v.1. Piracicaba: FUNEP, 2001. p.121-194.

PLAUT, Z. Photosynthesis in plant/crops under water and salt stress. In: PESSARAKLI, M (ed.). **Handbook of plant and crop physiology**. New York: Marcel Dekker, 1994. Cap. 27, p. 557-603.

RAO, I.M.; SHARP, R.E.; BOYER J.S. Leaf magnesium alters photosynthetic response to low water potentials in sunflower. **Plant Physiology**, v.84, p.1214-1219. 1987.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal**. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A. 928p. 2001.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. 4. ed. Campinas: Fundação Cargill, 445p. 1985.

RIBEIRO, J.L.; ALENCAR, L.C.; SANTANA, M.C.B.; ARAÚJO NETO, P.R. de; RIBEIRO, H.A.M. Avaliação de Clones de Cajueiro Anão Precoce no Semi-Árido do Meio-Norte Brasileiro. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2002, Lavras. **Anais...** Belém: UFPEL/SBF, 2002a.

RIBEIRO, J.L.; RIBEIRO, H.A.M. **Desempenho produtivo de oito clones de cajueiro-anão-precoce cultivados sob regime de sequeiro no cerrado sul maranhense**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2003. 4p. (Comunicado Técnico, nº 153).

RIBEIRO, J.L.; SILVA, P.H.S. da; RIBEIRO, H.A.M. **Desempenho produtivo de oito clones de cajueiro-anão-precoce cultivados no semi-árido piauiense sob regime de sequeiro**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002b. 4p. (Comunicado Técnico, nº 145).

RICHARDS, L.A. (ed.) **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States Salinity Laboratory, 1954. 160p. (USDA. Agriculture Handbook, 60).

RIGHES, A.A.; AMARAL, L.G.H. do; COSTA, R.D.; ROSA, G.M. da; WILLES, J.A.; GOMES, A.C. dos S. **Determinação da água no solo e na planta para irrigação**. Santa Maria: UFSM, 2003. 97p.

SANTOS, R.F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n 3, p.287-294, 1998.

SANTOS, F.J. de S.; LIMA, R.N. de; RODRIGUES, B.H.N.; CRISÓSTOMO, L.A. SOUZA, F. de; OLIVEIRA, J.J.G. **Manejo de irrigação da melancia: uso do tanque classe "A"**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 13p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Circular Técnica, 20).

SAS/STAT User's Guide. In: SAS Institute. SAS Omlindoc, Cary, 2000. CD-Rom.

SILVA, e P.S.L.; GURGEL, F. de L.; SILVA, E.S. da; DINIZ FILHO, E.T. Equações de regressão para estimação da área foliar de dois clones do cajueiro-anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.). **Revista Ciência Agronômica**, v.31, n.1/2, p.89-95, 2000.

SILVA, P.B. da; LIMA, I.X de; MENINO, I.B.; MEDEIROS, R.; PINHEIRO, J. **Modernização e expansão da cajucultura no Estado da Paraíba**. João Pessoa: EMEPA, 2007. (<http://www.emepa.org.br/relcaju.php>). Acesso em 29/03/2007.

SILVA, B.B. da; SOUZA, C.B. de; RAO, T.V.R. AZEVEDO, P.V. de; ESPÍNOLA SOBRINHO, J. Efeitos do déficit hídrico sobre a fenometria e a tecnologia de fibra do algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, p.42-46, 1998a.

SILVA, P.S.L. e; OLIVEIRA, F.H.T. de; SILVA, J. da; CARVALHO JÚNIOR, J.A. de; ALMEIDA, F.A.G. Distribuição dos frutos no cajueiro-anão-precoce – II. Clone CCP-076. **Caatinga**, 11 (1/2), p.23-39, 1998b.

SILVA, S. da; SOARES, A.M.; OLIVEIRA, L.E.M. de; MAGALHÃES, P.C. Respostas fisiológicas de gramíneas promissoras para revegetação ciliar de reservatórios hidrelétricos, submetidas à deficiência hídrica. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.25, n.1, p. 124-133, 2001.

SIQUEIRA, E. da C. **Crescimento e produção do algodoeiro colorido marrom escuro CNPA 2002/26 sob estresse salino**. 2003. 57p. Tese mestrado – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2003.

SOUZA, M.R. **Comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. CV Eriparza) submetido a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação**. 1995. 94p. Tese mestrado – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1995.

STACCIARINI-SERAPHIN, E. Ácido abscísico. In: KERBAUY, G.B. (org.). **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A. 2004. cap. 11, p. 293-307.

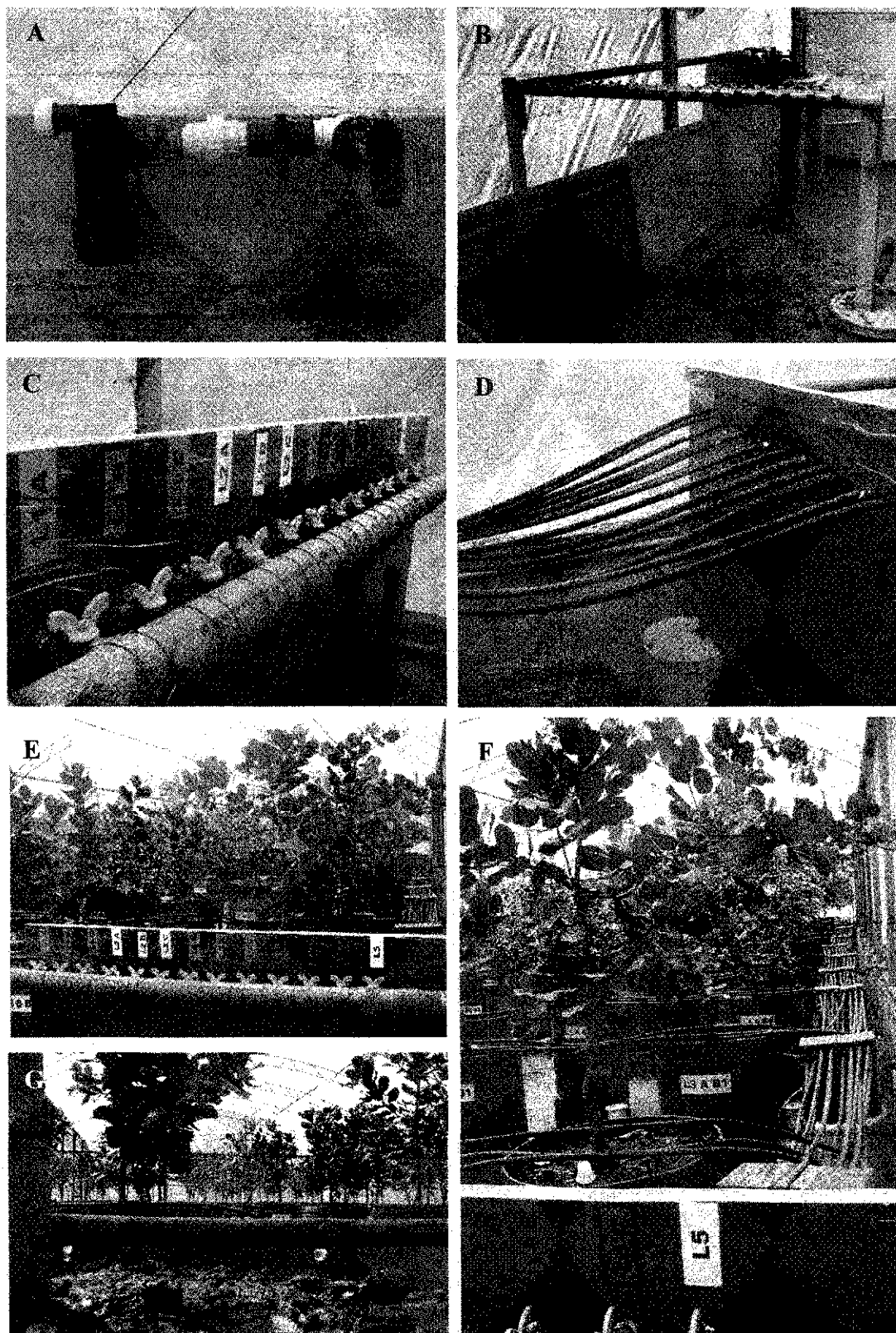
TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

VAZ, A.P.A.; SANTOS, H.P. dos; Z Aidan, L.B.P. Floração. In: KERBAUY, G.B. (org.). **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A. 2004. cap. 16, p. 366-385.

VERMEIREIN, L.; JOBLING, G.A. **Riego localizado**. Roma: FAO, 1986. 197p. (Estudio FAO Riego y Drenaje, 36).

WOLFE, D.W.; HENDERSON, D.W.; HSIAO, T.C. Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize: I. Leaf area duration, nitrogen distribution, and yield. **Agronomy Journal**, v.80, p.859-864, 1988.

8. APÊNDICE

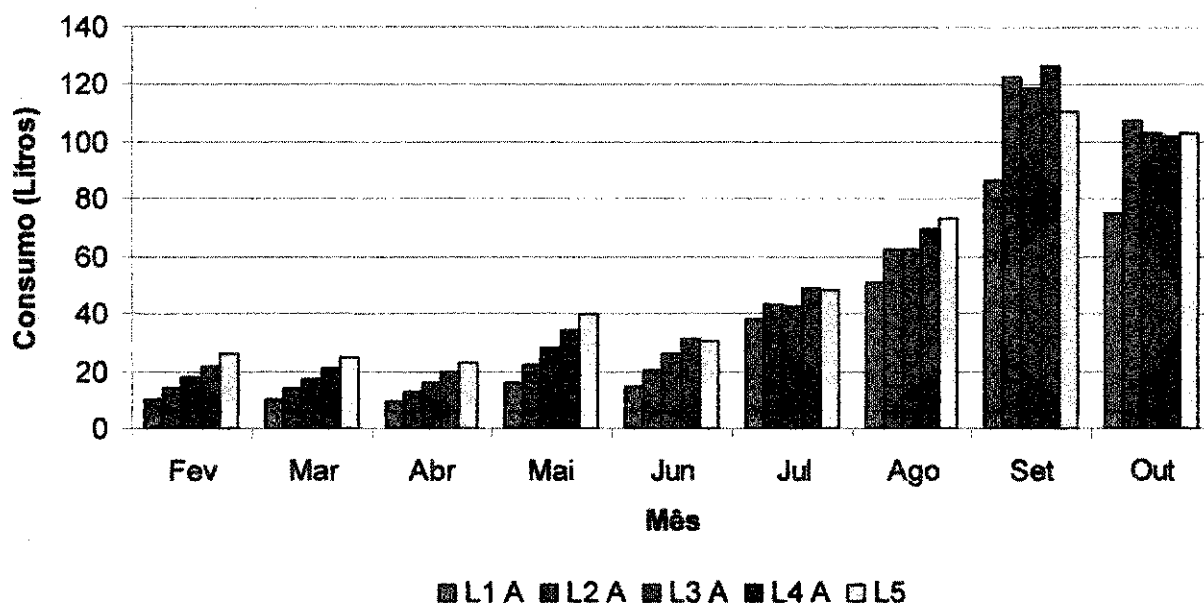


Apêndice 1. Sistema de irrigação. A – registro geral e filtro de disco; B e C – distribuição dos registros de cada tratamento; D – saída da mangueira de cada registro; E e F – visão geral da disposição das mangueiras; G – detalhe dos gotejadores. Campina Grande, PB, 2007

Apêndice 2. Volume mensal (litros) de água consumido por tratamento. Campina Grande, PB, 2007

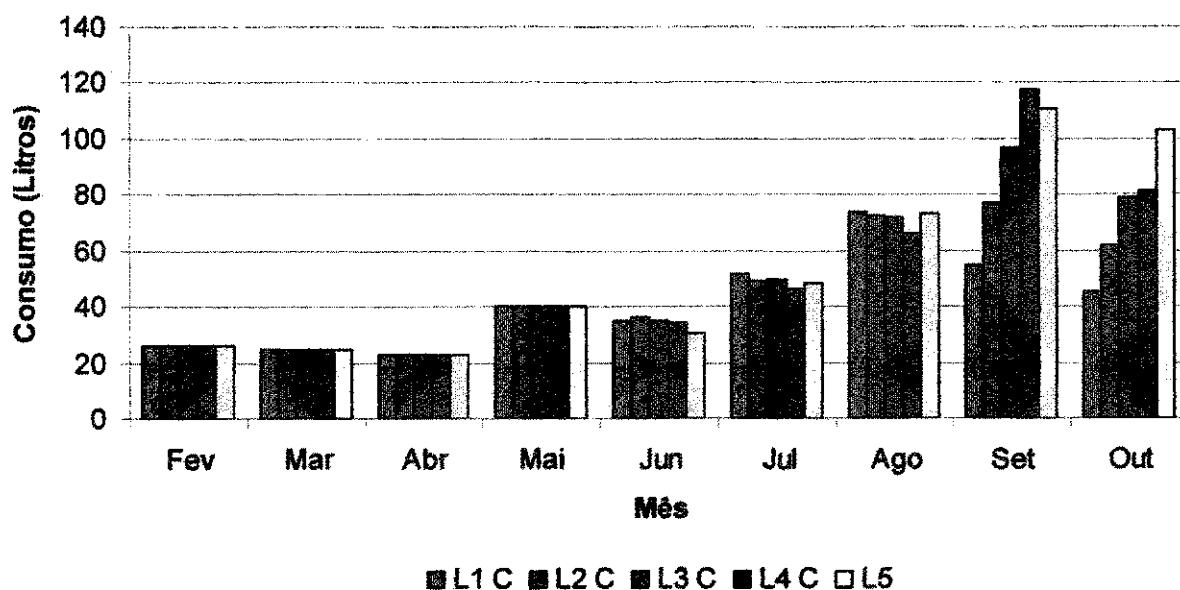
Tratam.	Fase Inicial (Fase A)					Floração (Fase B)		Produção (Fase C)	
	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out
L ₁ A	10,3	10,0	9,3	16,0	14,9	38,1	51,2	86,6	75,2
L ₁ B	25,8	25,0	23,1	40,0	35,4	21,9	27,3	54,0	78,5
L ₁ C	25,8	25,0	23,1	40,0	35,3	51,5	73,7	55,0	45,0
L ₂ A	14,2	13,7	12,7	22,0	20,5	43,0	62,4	122,7	107,8
L ₂ B	25,8	25,0	23,1	40,0	33,7	29,4	40,0	75,6	82,9
L ₂ C	25,8	25,0	23,1	40,0	36,1	48,7	72,4	77,0	62,0
L ₃ A	18,0	17,5	16,2	27,9	26,1	42,6	62,3	118,8	102,9
L ₃ B	25,8	25,0	23,1	40,0	34,8	36,6	51,0	94,1	90,8
L ₃ C	25,8	25,0	23,1	40,0	35,3	49,6	72,0	97,0	79,0
L ₄ A	21,9	21,2	19,7	34,1	31,2	49,0	69,2	126,9	102,0
L ₄ B	25,8	25,0	23,1	40,0	35,4	44,2	62,6	101,7	99,4
L ₄ C	25,8	25,0	23,1	40,0	34,4	46,3	66,2	118,0	81,7
L ₅	25,8	25,0	23,1	40,0	30,7	48,1	73,5	110,8	103,1

L₁=40%, L₂=55%, L₃=70%, L₄=85% e L₅=100% da ETC



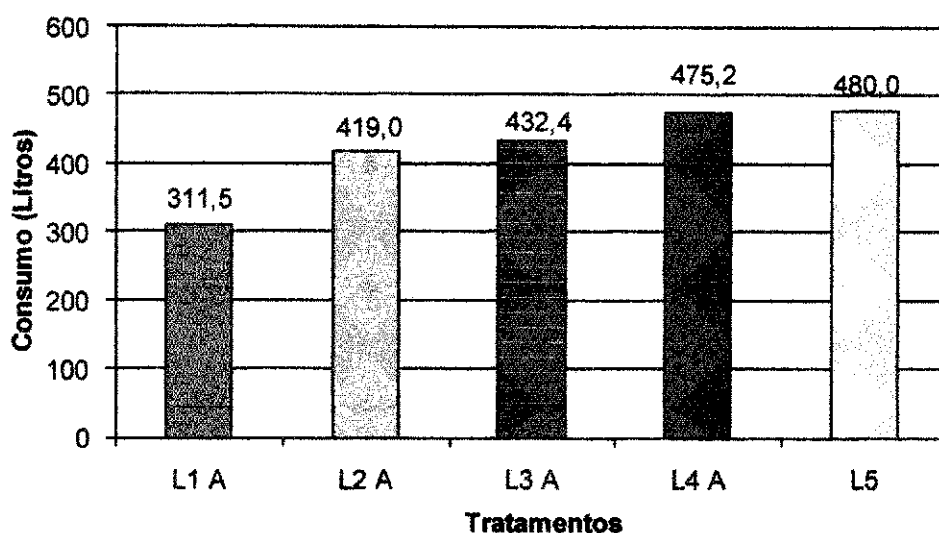
A partir do mês de junho o valor de L₅ corresponde a ETC da cultura

Apêndice 3. Volume de água mensal consumido pelas plantas submetidas a estresse hídrico na fase inicial de desenvolvimento (L₁=40%, L₂=55%, L₃=70%, L₄=85% e L₅=100% da ETC). Campina Grande, PB, 2007

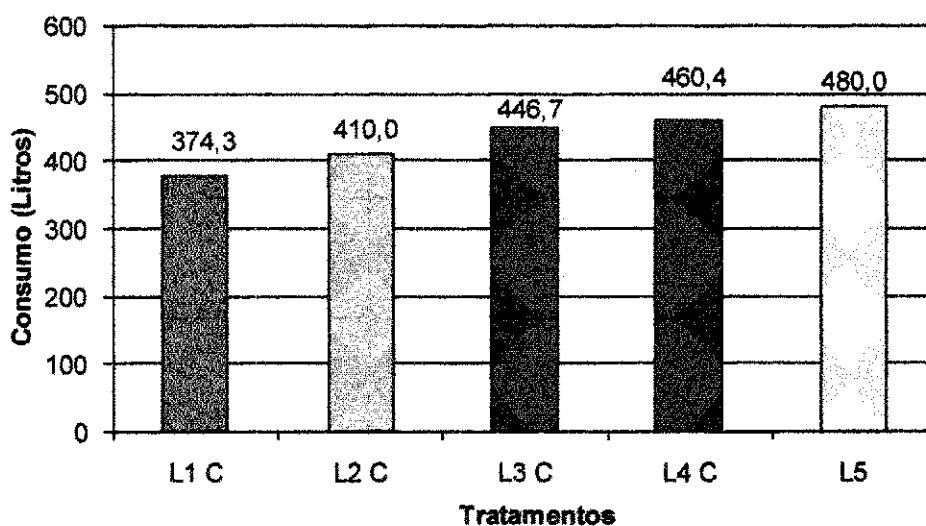


A partir do mês de junho o valor de L₅ corresponde a ETC da cultura

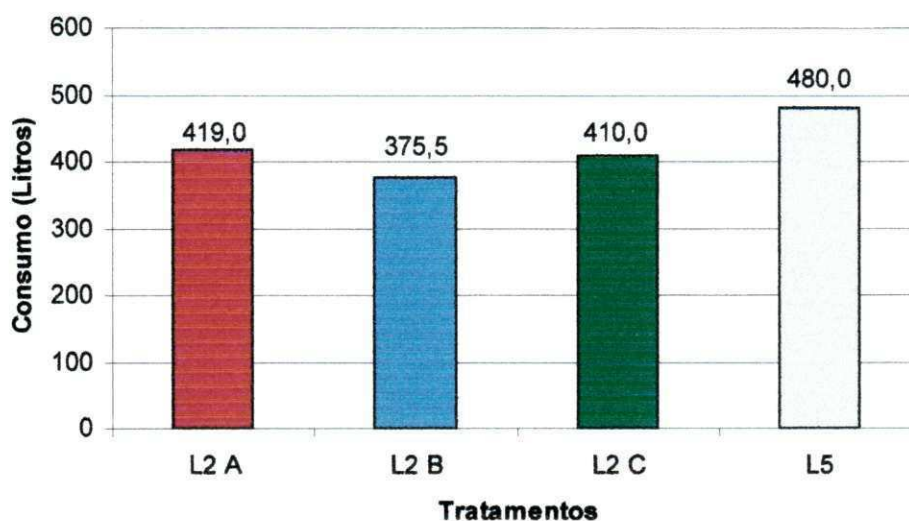
Apêndice 4. Volume de água mensal consumido pelas plantas submetidas a estresse hídrico na fase de produção (L₁=40%, L₂=55%, L₃=70%, L₄=85% e L₅=100% da ETC). Campina Grande, PB, 2007



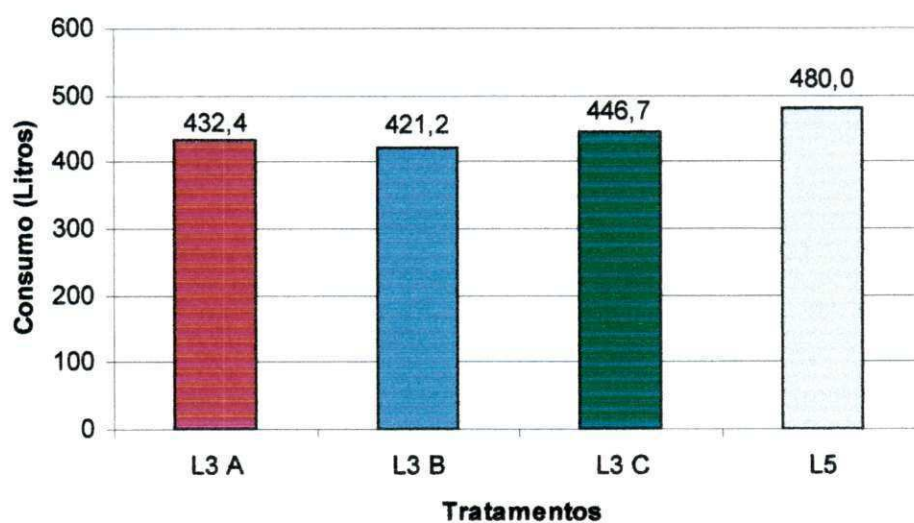
Apêndice 5. Comparativo do volume total de água consumido pelas plantas das diferentes lâminas de estresse submetidas a déficit hídrico na fase inicial de crescimento e da testemunha, durante todo o primeiro ano de ciclo ($L_1=40\%$, $L_2=55\%$, $L_3=70\%$, $L_4=85\%$ e $L_5=100\%$ da ET_c). Campina Grande, PB, 2007



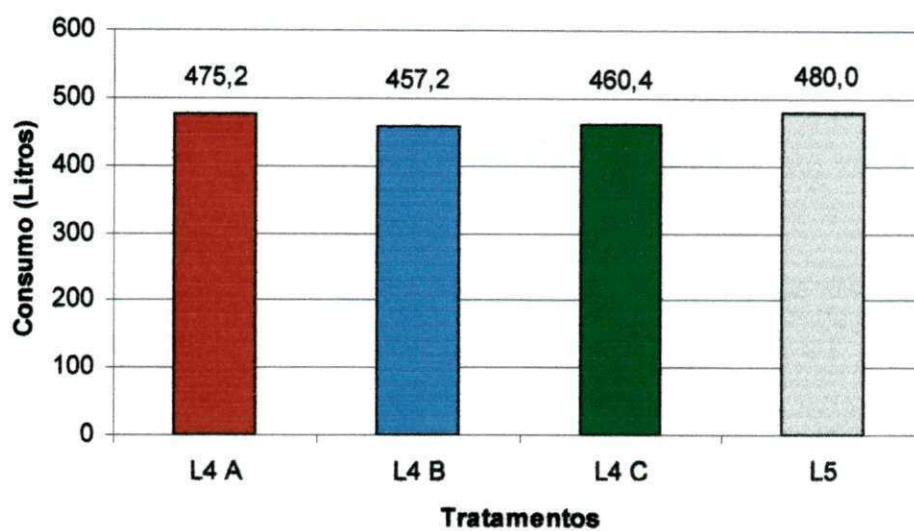
Apêndice 6. Comparativo do volume total de água consumido pelas plantas das diferentes lâminas de estresse submetidas a déficit hídrico na fase de produção e da testemunha, durante todo o primeiro ano de ciclo ($L_1=40\%$, $L_2=55\%$, $L_3=70\%$, $L_4=85\%$ e $L_5=100\%$ da ET_c). Campina Grande, PB, 2007



Apêndice 7. Comparativo do volume total de água consumido pelas plantas submetidas a 55% da ETc nas fases fenológicas (inicial, floração e produção) e da testemunha durante todo o primeiro ano de ciclo. Campina Grande, PB, 2007



Apêndice 8. Comparativo do volume total de água consumido pelas plantas submetidas a 70% da ETc nas fases fenológicas (inicial, floração e produção) e da testemunha durante todo o primeiro ano de ciclo. Campina Grande, PB, 2007

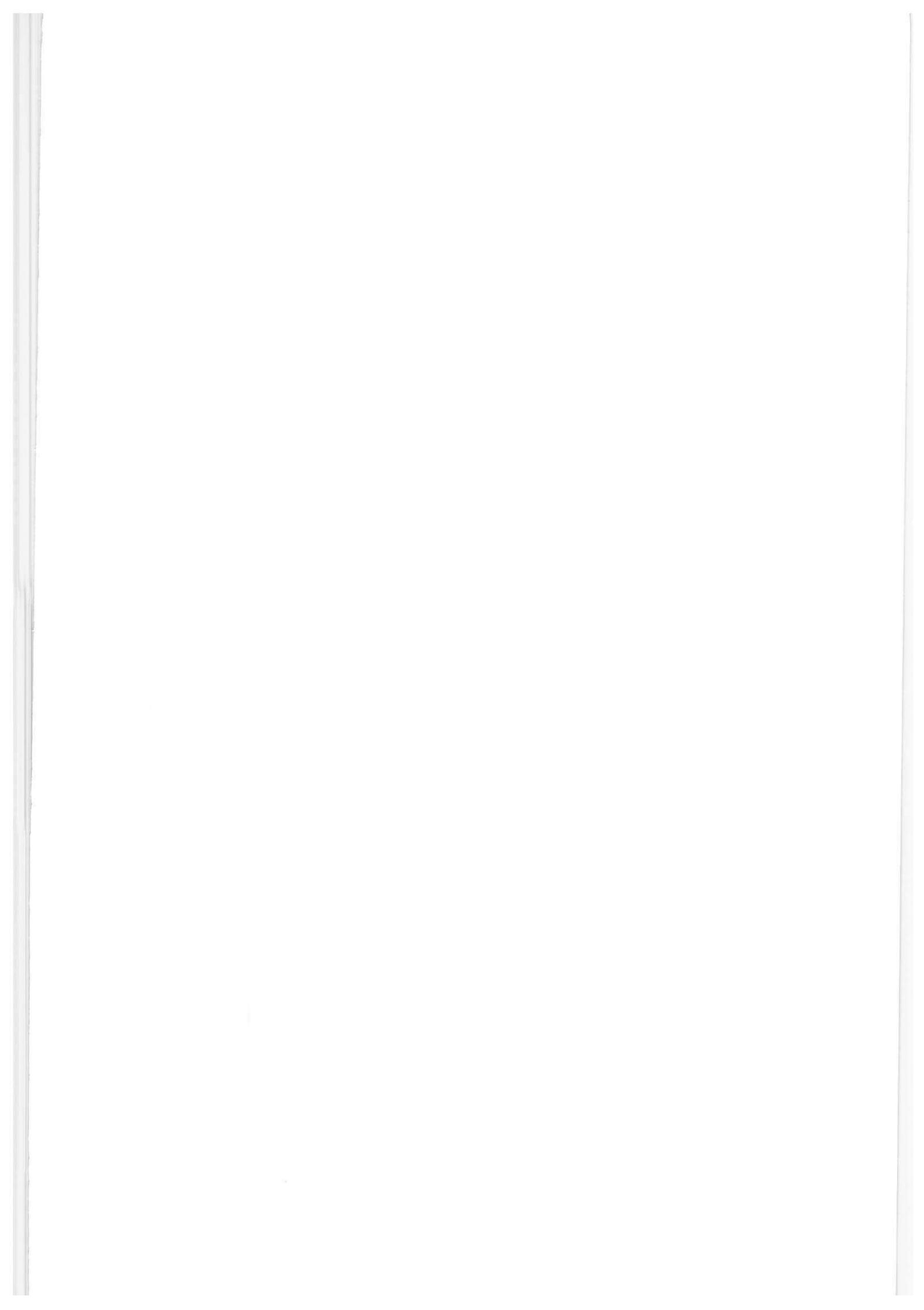


Apêndice 9. Comparativo do volume total de água consumido pelas plantas submetidas a 85% da ETc nas fases fenológicas (inicial, floração e produção) e da testemunha durante todo o primeiro ano de ciclo. Campina Grande, PB, 2007

Apêndice 10. Resumos das análises de variância (ANOVA) para altura de planta (AP) aos 90, 120, 150, 180 e 210 DAT. Campina Grande, PB, 2007

Causa de variância	GL	Valores de Quadrado Médio				
		AP (90 DAT)	AP (120 DAT)	AP (150 DAT)	AP (180 DAT)	AP (210 DAT)
Lâminas (L)	3	86,000000 ^{NS}	35,777778 ^{NS}	239,037037 ^{NS}	151,333333 ^{NS}	242,620370 ^{NS}
Fases (F)	2	71,027778 ^{NS}	84,194444 ^{NS}	443,444444 *	711,000000 *	886,083333 *
Interação (L x F)	6	263,694444 *	246,638889 *	396,037037 *	251,666667 ^{NS}	261,231481 ^{NS}
Fat. vs Test.	1	103,418803	6,700858	4,136752	2,006286E-30	5,557692
Tratamentos	(12)	173,803419	146,854701	332,029915	282,166667	339,414530
Blocos	2	5,564103	4,025641	6,230769	23,769231	79,000000
Resíduo	24	81,175214	68,220085	94,119658	122,602564	125,138889
CV (%)		14,61	12,06	11,48	12,30	11,22
FATORES		Médias (cm)				
LÂMINAS (L)						
L ₁ (40% ETc)		58,67	67,78	77,11	85,67	93,22
L ₂ (55% ETc)		61,00	66,89	85,11	87,33	98,11
L ₃ (70% ETc)		66,00	71,44	88,33	93,67	105,44
L ₄ (85% ETc)		62,78	68,11	87,67	93,33	101,56
FASES (F)						
A (inicial)		60,83	65,58	77,67	81,50	90,50
B (floração)		64,92	70,67	89,12	96,50	107,58
C (produção)		60,58	69,42	86,83	92,00	100,67

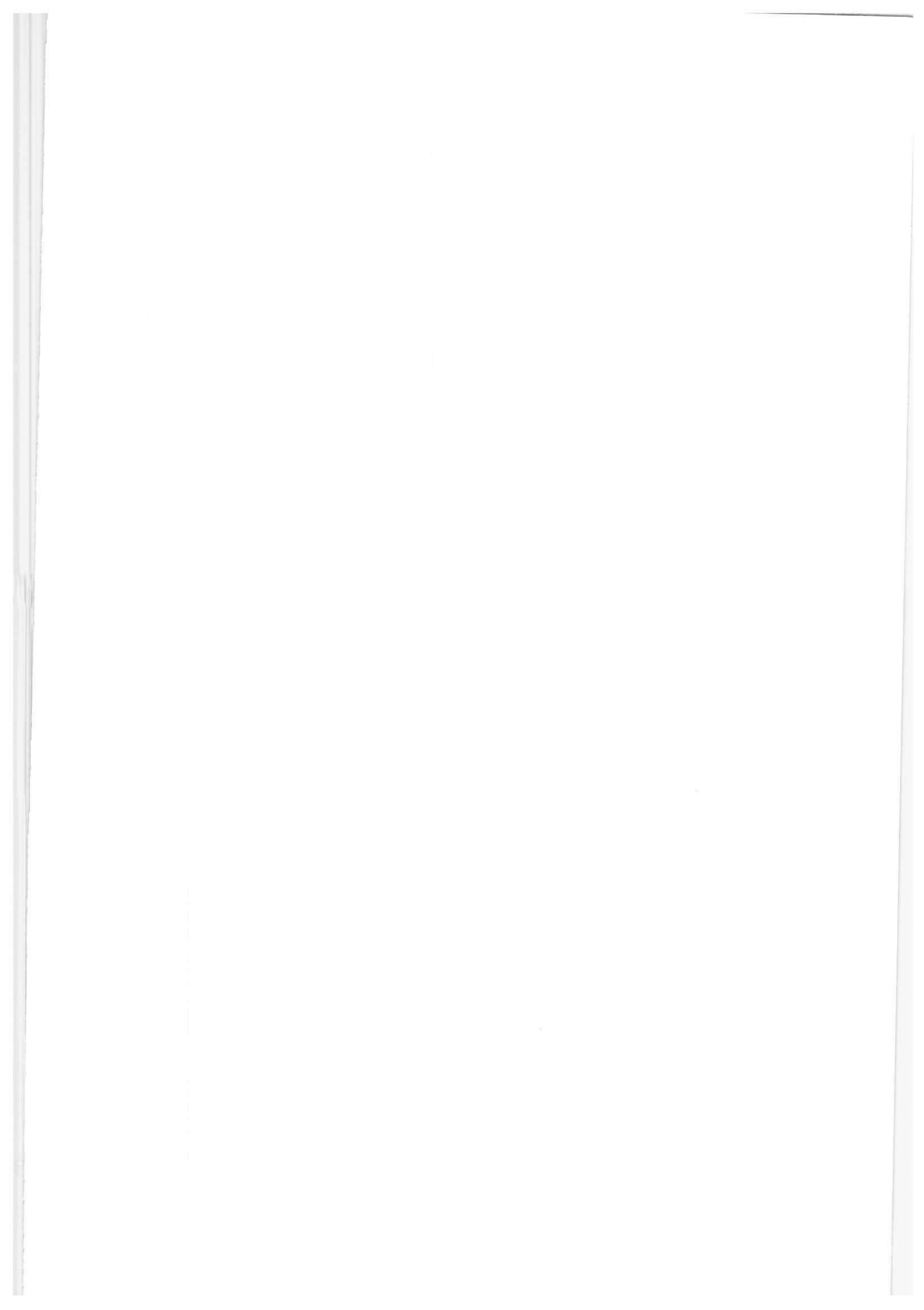
* Significativo ($p < 0,05$); ^{NS} não significativo, pelo teste F.



Apêndice 11. Resumos das análises de variância (ANAVA) para altura de planta (AP) aos 240, 270, 300, 330 e 360 DAT. Campina Grande, PB, 2007

Causa de variância	GL	Valores de Quadrado Médio				
		AP (240 DAT)	AP (270 DAT)	AP (300 DAT)	AP (330 DAT)	AP (360 DAT)
Lâminas (L)	3	223,138889 ^{NS}	452,101852 *	190,9259259 ^{NS}	270,101852 ^{NS}	337,212963 ^{NS}
Fases (F)	2	590,583333 *	364,194444 ^{NS}	173,444444 ^{NS}	208,027778 ^{NS}	192,694444 ^{NS}
Interação (L x F)	6	220,027778 ^{NS}	180,824074 ^{NS}	135,0370370 ^{NS}	170,768519 ^{NS}	227,657407 ^{NS}
Fat. vs Test.	1	66,942308	2,617521	1,4444444	1,797008	3,591880
Tratamentos	(12)	269,807692	264,354701	144,277778	187,730769	230,547009
Blocos	2	48,692308	48,487179	90,333333	56,717949	66,769231
Resíduo	24	122,775641	136,848291	93,444444	131,967949	126,630342
CV (%)		10,03	9,74	7,57	8,79	8,50
FATORES		Médias (cm)				
LÂMINAS (L)						
L ₁ (40% ETc)		105,22	113,00	123,00	124,78	126,44
L ₂ (55% ETc)		107,33	116,11	125,89	127,44	128,22
L ₃ (70% ETc)		111,22	121,89	127,67	132,89	136,00
L ₄ (85% ETc)		116,56	129,11	133,89	137,00	139,22
FASES (F)						
A (inicial)		102,33	113,67	125,50	128,25	130,50
B (floração)		116,00	123,25	125,33	128,00	129,83
C (produção)		111,92	123,12	132,00	135,33	137,08

* Significativo ($p < 0,05$); ^{NS} não significativo, pelo teste F.



Apêndice 12. Resumos das análises de variância (ANAVA) para diâmetro do caule (DC) aos 90, 120, 150, 180 e 210 DAT. Campina Grande, PB, 2007

Causa de variância	GL	Valores de Quadrado Médio				
		DC (90 DAT)	DC (120 DAT)	DC (150 DAT)	DC (180 DAT)	DC (210 DAT)
Lâminas (L)	3	0,64074074 ^{NS}	0,28074074 ^{NS}	2,71333333 ^{NS}	3,28324074 ^{NS}	4,22666667 ^{NS}
Fases (F)	2	0,14777778 ^{NS}	2,43000000 ^{NS}	2,93444444 ^{NS}	24,28777778 *	47,07444444 *
Interação (L x F)	6	2,12296296 ^{NS}	4,71296296 *	6,06333333 ^{NS}	7,36407407 *	7,53111111 *
Fat. vs Test.	1	0,05777778	0,19692308	0,13675214	0,98771368	4,52136752
Tratamentos	(12)	1,25111111	2,84807692	4,21047009	8,6331197	13,0447436
Blocos	2	0,69410256	0,39102564	0,30794872	2,0587179	4,8741026
Resíduo	24	1,19438034	1,65935897	2,6132265	1,7409402	2,2482692
CV (%)		10,44	9,97	10,92	7,42	7,20
FATORES		Médias (mm)				
LÂMINAS (L)						
L ₁ (40% ETc)		10,49	12,86	13,96	16,84	19,82
L ₂ (55% ETc)		10,56	12,93	15,06	17,89	20,82
L ₃ (70% ETc)		10,70	13,18	15,09	18,14	20,76
L ₄ (85% ETc)		10,08	12,77	15,01	18,07	21,49
FASES (F)						
A (inicial)		10,38	12,48	14,22	16,11	18,45
B (floração)		10,58	13,38	14,97	18,74	21,63
C (produção)		10,40	12,93	15,15	18,36	22,08

* Significativo ($p < 0,05$); ^{NS} não significativo, pelo teste F.

Apêndice 13. Resumos das análises de variância (ANOVA) para diâmetro do caule (DC) aos 240, 270, 300, 330 e 360 DAT. Campina Grande, PB, 2007

Causa de variância	GL	Valores de Quadrado Médio				
		DC (240 DAT)	DC (270 DAT)	DC (300 DAT)	DC (330 DAT)	DC (360 DAT)
Lâminas (L)	3	6,9459259 *	8,1907407 *	11,4210185 *	14,6348148 *	12,6429629 *
Fases (F)	2	70,9336111 *	50,3100000 *	24,9052777 *	25,7436111 *	23,4908333 *
Interação (L x F)	6	10,8284259 *	6,2151852 *	5,2404629 *	3,4239814 *	2,9004629 *
Fat. vs Test.	1	2,0270085	6,6530769	5,1933547	5,8670085	5,9569230
Tratamentos	(12)	19,1418803	14,0947009	10,0591453	10,1502137	9,0225214
Blocos	2	6,1761538	6,1900000	11,8356410	8,1171795	6,8125641
Resíduo	24	1,5630983	1,4586111	1,6828632	1,3166239	1,1395085
CV (%)		5,41	4,46	4,48	3,89	3,56
FATORES		Médias (mm)				
LÂMINAS (L)						
L ₁ (40% ETc)		21,93	25,72	27,22	27,76	28,27
L ₂ (55% ETc)		22,72	26,77	28,94	29,22	29,84
L ₃ (70% ETc)		23,43	27,34	29,13	29,70	30,27
L ₄ (85% ETc)		23,96	27,97	29,89	30,83	31,09
FASES (F)						
A (inicial)		20,22	24,75	27,25	27,81	28,39
B (floração)		24,64	27,30	29,04	29,62	30,03
C (produção)		24,17	28,80	30,10	30,71	31,17

* Significativo ($p < 0,05$); ^{NS} não significativo, pelo teste F.