



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/PRODUÇÃO VEGETAL

NATÁLIA SOARES DA SILVA

**CRESCIMENTO INICIAL DO CAJUEIRO SOB DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS E
DESEMPENHO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO BUBBLER**

TERESINA – PI
2013

NATÁLIA SOARES DA SILVA

**CRESCIMENTO INICIAL DO CAJUEIRO SOB DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS E
DESEMPENHO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO BUBBLER**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Piauí – UFPI, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal.

TERESINA – PI
2013

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco
Serviço de Processamento Técnico

S586c Silva, Natália Soares da
Crescimento inicial do cajueiro sob diferentes regimes hídricos
e desempenho de um sistema de irrigação Rubbler / Natália Soares
da Silva.- Teresina: 2013.
41f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) Teresina,2013
Orientação: Prof. Dr. Francisco Edinaldo Pinto Mousinho

1.Manejo da Água. 2.Déficit Hídrico.3. Irrigação. I. Título

CDD 631.7

CRESCIMENTO INICIAL DO CAJUEIRO
SOB DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS E
DESEMPENHO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO BUBBLER

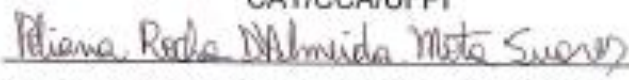
NATÁLIA SOARES DA SILVA
ENGENHARIA AGRONÔMICA

Aprovada em 22/02/2013

Comissão Julgadora:



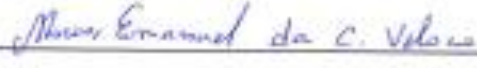
Prof. Dr. Francisco Edinaldo Pinto Mousinho - Presidente
CAT/CCA/UFPI



Profª. Dra. Poliana Rocha D'Almeida Mota Soares – Titular
CCA/UFPI



Dr. Edson Alves Bastos – Titular
Embrapa Meio-Norte



Dr. Marcos Emanuel da Costa Veloso - Titular
Embrapa Meio-Norte

“Esforça-te e tem bom ânimo” (1Cr 28:20)

A minha mãe, Marina Soares
DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida e por todas as bênçãos proporcionadas;

À Universidade Federal do Piauí (UFPI), pela oportunidade de realização do curso;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado;

Ao Colégio Agrícola de Teresina, pela ajuda e suporte financeiro para a instalação e condução do experimento.

Ao Prof. Dr. Francisco Edinaldo Pinto Mousinho pela confiança, ensinamentos, orientação, incentivo, oportunidades, amizade e lições durante de vida durante toda nossa convivência.

Ao Prof. Dr. Máx César de Araújo pela amizade e incentivo na realização desse trabalho.

A Prof. Dr. Regina Lúcia Ferreira Gomes, pela amizade e ensinamentos.

A Prof. Dr. Poliana Rocha D'Almeida Mota Soares pela amizade e incentivo.

Aos demais professores do Curso de Mestrado em Agronomia do PPGA, pelos ensinamentos, de fundamental importância para a elaboração deste trabalho.

Aos Pesquisadores da Embrapa Meio-Norte Dr. Edson Alves Bastos e Aderson Soares de Andrade Júnior pela amizade, ensinamentos e confiança.

Aos alunos do Colégio Agrícola pela ajuda na condução do experimento.

Aos amigos de longa data Dariana Ribeiro, Fátima Paz, Dalila Meneses, Silvana Tavares, Cristiana Araújo, Veraneide Neves, Lívia Sinara, Indira Dias, Alane Rosana, Antonia de Farias, Antonio Eudes, Sabrina Carvalho, Francisco Leonardo, Eliana Freitas, Leonardo Silva, Mauricio Castelo Branco, Selma Dias, Paulo Alexandre, Sulimary Oliveira, Vânia Maria, Wilon Pinheiro, Agenor Rocha, Valberio Borges, Adeiton Pereira, Wendel Aguiar, pelo apoio, ajuda e amizade.

Ao meu amigo, James Carneiro, por sempre está a meu lado me ajudando e me impulsionando a lutar e acreditar que dias melhores virão.

Ao meu amigo, Kadson Alves, pela imensa colaboração nesse trabalho e incentivo nessa caminhada.

Ao secretário do PPGA, Vicente de Sousa Paulo, pelo respeito, conversas, disponibilidade;

A minha família, em especial, mães (Marina e Graça), irmãos, sobrinhos, filhos (Natyelle e Mateus), pelo carinho e apoio em minhas decisões ainda que elas significassem sacrifício ou abdicção de todos eles.

E a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	X
RESUMO.....	Xi
ABSTRACT	
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1- Cultura do Cajueiro.....	3
2.2- Irrigação do Cajueiro.....	7
2.3- Hidráulica do sistema de irrigação Bubbler.....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1- Perda de carga no microtubo utilizado no sistema de irrigação Bubbler.....	11
3.2- Avaliação hidráulica do sistema de irrigação Bubbler.....	15
3.3- Desenvolvimento do cajueiro sob diferentes lâminas de água.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
4.1- Avaliação hidráulica do sistema Bubbler.....	23
4.2-Crescimento do cajueiro anão precoce sob diferentes lâminas de água.....	27
5. CONCLUSÕES.....	33
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Detalhe do microtubo e piezômetro marcando a pressão utilizada.....	12
Figura 2. Detalhe do microtubo e da distribuição da água em formato de microbacia circular.....	16
Figura 3. Croqui do sistema de irrigação Bubbler instalado na área experimental.....	21
Figura 4. Variação da vazão em função de diferentes pressões de funcionamento.....	25
Figura 5. Precipitação pluvial, ETc e laminas de irrigação aplicadas durante a condução do experimento.....	27
Figura 6. Evolução da altura, diâmetro abaixo e diâmetro acima do enxerto do cajueiro anão precoce para cada tratamento durante o período experimental.....	32

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Classificações do sistema para o CUC, CUE e CUD propostas por Mantovani (2002), ASAE (1996) e Merriam e Keller (1978) para irrigação localizada.....	18
Tabela 2. Caracterização físico-química do solo da área experimental.....	19
Tabela 3. Valores do coeficiente de cultivo (Kc) do cajueiro, de acordo com a fase de desenvolvimento da cultura.....	22
Tabela 4. Vazão e Perdas de carga medida e estimadas pelas equações de Blasius e Darcy-Weisbach, para diferentes comprimentos do microtubo.....	24
Tabela 5. Valores dos Coeficientes de Uniformidade (CUC, CUD, CUE) para diferentes cargas hidráulicas e desempenho do sistema.....	26
Tabela 6. Coeficientes de uniformidade obtidos durante o período experimental.....	27
Tabela 7. Resumo da análise de variância da regressão para a variável altura em função das diferentes lâminas aplicadas.....	28
Tabela 8. Resumo da análise de variância da regressão para a variável diâmetro abaixo do enxerto em função das diferentes lâminas aplicadas.....	28
Tabela 9. Resumo da análise de variância da regressão para a variável diâmetro acima do enxerto em função das diferentes lâminas aplicadas.....	29
Tabela 10. Valores médios para a variável altura de plantas, diâmetro abaixo e diâmetro acima do enxerto do cajueiro anão precoce para cada tratamento durante o período experimental.....	30

CRESCIMENTO INICIAL DO CAJUEIRO SOB DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS E DESEMPENHO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO BUBBLER

Autor: Natália Soares da Silva

Orientador: Prof. Dr. Francisco Edinaldo Pinto Mousinho

RESUMO: Com o objetivo de avaliar o crescimento inicial do cajueiro sob diferentes regimes hídricos e as características hidráulicas de um sistema de irrigação Bubbler realizou-se um experimento na área experimental do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Piauí, Campus do Socopo, em Teresina-PI. Foram determinados os índices Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, Uniformidade de Distribuição e o Coeficiente de Uniformidade estatístico. A perda de carga no microtubo de 5mm de diâmetro foi medido e comparado os valores com os estimados pelas equações de Darcy-Weisbach e Blasius. O desenvolvimento do cajueiro foi avaliado utilizando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro tratamentos, níveis de água de irrigação (0, 75, 100, 125% da evapotranspiração da cultura) e quatro repetições. Foi utilizado o clone de caju CCP-76 no espaçamento 7 x 7 m, irrigado pelo sistema de irrigação Bubbler. Foram avaliados a altura das plantas e os diâmetros do caule acima e abaixo do ponto de enxerto. As equações de Blasius e Darcy-Weisbach estimaram adequadamente a perda de carga do microtubo para os comprimentos de 6 a 8 m, no sistema de irrigação Bubbler com a pressão de funcionamento recomendada de 1,3 mca. O desempenho do sistema Bubbler pode ser classificado como bom. Com a determinação dos coeficientes de uniformidade percebeu-se a ocorrência de variações ao longo do tempo de uso demonstrando a necessidade de manutenção e manejo adequado do sistema. Para o cajueiro anão precoce não houve efeito significativo das lâminas de água sobre as variáveis estudadas.

Palavras-chave: *Anacardium occidentale* L.; manejo da água; déficit hídrico; perda de carga

ABSTRACT

INITIAL GROWTH OF CASHEW DIFFERENT SCHEMES UNDER WATER AND PERFORMANCE OF AN IRRIGATION SYSTEM BUBBLER

Author: Natalia Soares da Silva

Adviser: Dr. Francisco Pinto Edinaldo Mousinho

SUMMARY: With the objective of evaluating the initial growth of cashew under different water regimes and hydraulic characteristics of an irrigation system Bubbler conducted an experiment in the experimental area of the Department of Animal Science, Federal University of Piauí, Campus Socopo in Teresina-PI. Were determined the coefficient of Uniformity of Christiansen, Uniformity of Distribution and statistic Uniformity Coefficient. The head loss in the microtube of 5mm diameter was measured and compared with the values estimated by Darcy-Weisbach and Blasius Equations. The development of the cashew tree was evaluated using a completely randomized design with four treatments, levels of irrigation water (0, 75, 100, 125% of crop evapotranspiration) and four replications. Was used cashew CCP-76 in the spacing 7 x 7 m, irrigated through the Bubbler irrigation system. Were evaluated plant height and diameter of the stem above and below the graft point. The Blasius equations and Darcy-Weisbach properly estimated loss of the microtube for length from 6 to 8 m in the irrigation system bubbler with the recommended operating pressure of 1,3 mca. Bubbler System performance can be rated as good. With the determination of the coefficients of uniformity noticed the occurrence of variations over time and demonstrates the need for maintenance and proper management of the system. For the dwarf cashew no significant effect of irrigation water on the variables studied.

KEY-WORDS: *Anacardium occidentale* L.; water management; water deficit, head loss

1. INTRODUÇÃO

As inovações tecnológicas estão cada vez mais presentes em nosso cotidiano e os recursos naturais são utilizados exaustivamente podendo comprometer o ambiente em prol da demanda das necessidades do homem.

A água é um dos recursos indispensáveis para a sobrevivência de todos os seres vivos, que tanto a sua escassez como seu excesso hídrico são inadequados para a agricultura. Assim, é de fundamental importância o uso e manejo racional desse recurso, para o incremento na produção das culturas e contribuir para o desenvolvimento sustentado.

O contínuo crescimento da população mundial demanda uma agricultura competitiva e tecnificada, que possibilite a produção de alimentos de melhor qualidade e em maior quantidade (MANTOVANI et al., 2007). Esse modelo de agricultura vem contribuindo para a marginalização do pequeno produtor visto que esse não dispõe de condições financeiras possibilitem acesso a tecnologias, acompanhamento técnico e informações sobre comercialização o que dificulta a sua inserção no mercado que a cada dia é mais competitivo.

Dentre as diversas culturas agrícolas o cajueiro tem relevante importância social e econômica, especialmente para os pequenos produtores da região Nordeste brasileira, contribuindo para geração de renda e empregos. Sua economia está baseada na exploração da amêndoa da castanha de caju e do pedúnculo floral que pode ser comercializado na forma “*in natura*” ou na forma de doces, sucos, etc.

Estima-se que mais de 80% dos plantios comerciais de cajueiro da região Meio-Norte do Brasil são oriundos de semente (pé-franco) e, conseqüentemente, apresentam uma acentuada variabilidade genética e os seus cultivos geralmente serem feitos sob regime de sequeiro, fato este que contribui para os baixos rendimentos obtidos por esta cultura. Portanto, faz-se necessária a utilização de plantas geneticamente superiores, associadas a práticas adequadas de manejo, dentre elas destaca-se a irrigação, garantindo atender a sua demanda hídrica anual. 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, o que representa um incremento no rendimento de 1.153% em relação ao cajueiro comum sob sequeiro, além de ter o período de colheita ampliado para dez meses anuais (OLIVEIRA et al., 1997).

A utilização de sistemas de irrigação mais eficientes é uma busca constante na agricultura irrigada, visando principalmente à redução no custo da energia e da disponibilidade hídrica dos mananciais.

Dentre os sistemas pressurizados, a irrigação localizada é a que propicia a maior eficiência de aplicação de água. A área mínima molhada é de 20% nas regiões úmidas e de 30% nas regiões de clima semiárido (Azevedo, 1986 apud Barreto Filho, 2000). Dentre os sistemas que aplicam a água com alta frequência e de forma localizada, estão o Bubbler e microaspersão.

O sistema de irrigação Bubbler foi desenvolvido para as regiões semi áridas, onde a escassez de água é predominante. Está sendo utilizado na região arida do Arizona, EUA e no Egito, com sucesso em pomares de citrus, uva, pêssigo e árvores para quebra-vento e arborização. O sistema funciona utilizando a força da gravidade como fonte de energia, não requerendo fontes externas para bombeamento e pode ser operado com pressões em torno de 10 KPa (ANDRADE, et al., 2002).

Dada a escassez de informações técnica e científica sobre o cultivo do cajueiro irrigado e como forma de contribuir para o desenvolvimento da região Nordeste do Brasil por meio da busca de tecnologias alternativas ao alcance do pequeno produtor da cajucultura irrigada sustentada, propôs-se esse estudo com o objetivo de avaliar o crescimento inicial do cajueiro anão precoce, cultivar CCP76 sob diferentes regimes hídricos e as características hidráulicas de um sistema de irrigação Bubbler em Teresina, PI.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 – Cultura do caju

O cajueiro, *Anacardium occidentale* L., é uma dicotiledônea pertencente à família Anacardiaceae, tendo como centro de diversidade do gênero *Anacardium* a região Amazônica e a região de cerrado como centro secundário. Contudo a maior diversidade encontra-se no Nordeste brasileiro (HAMMED e ADEDEJI, 2008), região que sofre bastante influência por alterações climáticas, fato este que possibilitou ampla adaptabilidade da espécie a diferentes ecossistemas (SOUSA et al., 2007).

O cajueiro caracteriza-se por ser uma planta perene com ramificação baixa e porte médio apresentando duas fases de crescimento, sendo uma de fluxo vegetativo e outro reprodutivo. Na fase vegetativa observa-se o surgimento de ramos intensivos e extensivos, sendo estes responsáveis pela formação e determinação do formato da copa (ARAUJO e SILVA, 1995).

Segundo Barros (1995) o cajueiro tem o sistema radicular constituído de raiz pivotante bem desenvolvida, normalmente bifurcada, que pode ultrapassar 10 m de profundidade, e de malha lateral subsuperficial (91% encontram-se de 15 a 32 cm de profundidade) bastante importante para a planta, pois cerca de 82% das raízes efetivas na absorção de nutrientes e água encontram-se até 30 cm de profundidade, fator importante para definir o manejo da irrigação.

Seu caule é ereto, entretanto as condições do solo podem influenciar no encurtamento desses, com ramificações ao nível do solo, resultando em uma planta do tipo rastejante. No cajueiro anão precoce o caule ramifica-se próximo ao solo, formando assim uma copa mais compacta com predominância de ramos intensivos sobre os extensivos. A ramificação intensiva cresce 25 cm a 30 cm e termina numa panícula. Deste ramo crescem, simultaneamente, três a oito novos ramos de 10 a 15 cm do ápice, os quais podem originar outras panículas. A ramificação extensiva cresce 20 cm a 30 cm e repousa, ou seja, não origina, comumente, uma panícula. Deste ramo origina-se outro de 5 a 8 cm do ápice, com o processo continuado por dois a três anos sem que nenhuma panícula seja produzida (ARAUJO e SILVA, 1995).

As folhas do cajueiro são alternas, pecioladas, simples, caducas (caem todos os anos), ovaladas, obtusas, onduladas, glabras, luzentes, coriáceas, com pecíolo curto, medem de 10 a 20 cm de comprimento e de 6 a 12 cm de largura, saliente-reticuladas-nervadas nas duas faces, verde-amareladas e roxo-avermelhadas quando novas ficando verde-amarelada

com o avanço da idade (LIMA, 1988). As flores são pequenas, curto-pediceladas, pálidas, avermelhadas ou purpurinas (após a fertilização), dispostas em panículas terminais, pedunculadas, ramificadas e bracteadas na parte inferior. Os dois tipos de flores, masculinas e hermafroditas, variam em quantidade e proporções entre plantas e até mesmo entre panículas de uma mesma planta, com o número de flores por panícula variando normalmente de 200 a 1.600 e a percentagem de flores hermafroditas de 0,5 a 25,0% do número total de flores.

O sistema reprodutivo da espécie é predominantemente alogâmico, ou seja, a fecundação é preferencialmente cruzada, sendo que a viabilidade do pólen do cajueiro normalmente é alta. Existe a possibilidade de ocorrer polinização entre flores de uma mesma planta. Por causa disto, o plantio por sementes resulta em grande variação entre plantas, o que afeta não só o seu formato como também sua produção. A flor tem odor bastante ativo, indicando ser atrativa para os insetos. No Brasil foi comprovado o efeito favorável dos insetos na polinização do cajueiro, sendo a abelha *Apis mellifera* a espécie mais importante, com pico máximo de visitas às panículas entre 9 e 14h (BARROS, 2012).

O fruto do cajueiro, a castanha, é um aquênio reniforme que consiste de epicarpo, mesocarpo, endocarpo e amêndoa. O peso é variável, encontrando-se castanhas de 3 a 12g, e o aumento deste limite superior é um dos principais objetivos do melhoramento. O pedúnculo floral é hipertrofiado, carnoso, suculento e bastante variável em tamanho, peso, forma e cor. É comumente denominado de caju, embora também seja dada esta denominação ao conjunto fruto e pseudofruto (castanha e pedúnculo). O cajueiro-anão precoce caracteriza-se pelo porte baixo, com altura média de 2,5 a 4,5 m; diâmetro médio da copa inferior a 9,0 m; inicia o florescimento no primeiro ano e com duração de no mínimo 2 meses a mais que o cajueiro comum; apresenta estabilidade na produção aos 7 anos, com uma produtividade de castanha em torno de 1.200 kg ha⁻¹; população de plantas entre 204 e 236 por hectare e apresenta facilidade na colheita e tratos culturais (BARROS et al., 1993).

Dadas às características de reprodução do cajueiro e a elevada segregação genética resultante do plantio de sementes, reduzindo o potencial de produção dos pomares, tem sido recomendado o plantio de clones selecionados de cajueiro-anão precoce (BARROS et al; 1993). Dentre vários clones utilizados na cajucultura os recomendados para consumo de mesa são o CCP 76, atualmente o mais cultivado, seguido dos clones BRS 189 e CCP 09, que possuem aptidão para produção de castanha, mercado de frutas frescas e aproveitamento do pedúnculo para a agroindústria. O clone CCP 76 foi lançado para plantio comercial e para o mercado de mesa pela Embrapa Agroindústria Tropical no ano de 1983 e avaliado pela Embrapa Meio-Norte no período de 2000 a 2005. Tem como principais características:

122,8 g de peso médio do caju; 114,3 g de peso médio do pedúnculo; 8,5 g de peso médio da castanha; 99,0 mm de comprimento médio do caju; comprimento do pedúnculo de 63,2 mm; comprimento da castanha de 35,8 mm; acidez do suco (pH) 5,02; SST (°Brix) do suco de 13,34; pedúnculo de coloração avermelhada; inicia a produção de caju no mês de maio e termina em novembro; concentração da produção de castanha nos meses de agosto a outubro; altura de planta de 312 cm; envergadura da copa de 605 cm e diâmetro do caule de 151mm (RIBEIRO et al., 2006).

Ribeiro et al. (2005), trabalhando com clone CCP 76 obtiveram altura e envergadura acima de 1 m no primeiro ano para o Estado do Piauí. Almeida et al. (2002) trabalhando com clones CP 10 e CP 76, observaram o crescimento contínuo em altura e envergadura dessas plantas no Estado do Ceará. O Clone CCP 76 cultivado em regime de sequeiro no Semiárido piauiense apresentou no quinto ano de idade produtividade média de 1.546 kg de castanha por hectare; (RIBEIRO et al., 2011).

Embora o cajueiro possa adaptar-se a altitudes de até 1.000 m acima do nível do mar, o limite máximo para o plantio dessa cultura não deve ultrapassar 600 m de altitude para o sucesso do cultivo, apesar da existência de plantios em áreas com altitudes acima desse limite. O cajueiro suporta temperaturas máximas entre 34 °C e 38 °C. Em nível comercial, o cajueiro desenvolve-se bem em regiões com temperaturas médias entre 18 °C e 35 °C. Temperaturas abaixo de 18 °C, nas fases de florescimento e produção, causam abortamento e queda das flores e acima de 40 °C causam prejuízos à produção, pelo ressecamento das flores e queda dos frutos em formação (RIBEIRO, 2003).

Com relação à precipitação pluvial, a faixa mais adequada ao seu cultivo situa-se entre 800 e 1.500 milímetros por ano, distribuídos entre seis a sete meses, com um período seco de cinco a seis meses, nas fases de floração e frutificação (AGUIAR e COSTA, 2002). Em solos rasos e/ou excessivamente arenosos, precipitações abaixo de 800 mm podem causar prejuízos ao estabelecimento da cultura, quando aumentam as perdas no ano do plantio, refletindo-se até a fase produtiva, com implicações no florescimento e frutificação. A umidade relativa do ar variando entre 70% e 80%, no período chuvoso é a mais apropriada à cultura do cajueiro. Quando a umidade relativa ultrapassa 85%, no período de floração e frutificação, aumenta a possibilidade de aparecimento de doenças fúngicas, entre as quais a antracnose, o oídio e o mofo-preto. No Semiárido, a umidade relativa do ar chega, às vezes, a 50% e a cultura se desenvolve satisfatoriamente. Isso ocorre em razão de o solo apresentar boa profundidade e grande capacidade de retenção de umidade (AGUIAR e COSTA, 2002).

Solos profundos, arenosos, bem-drenados, com baixos teores de alumínio trocável e pH variando entre 4,5 e 6,5 são os mais indicados ao cultivo do cajueiro. Os tratos culturais e o manejo do pomar são facilitados quando o relevo é plano a suavemente ondulado. Solos rasos em que o substrato rochoso ou outro impedimento físico está a menos de um metro de profundidade não são recomendados. Também não se recomendam para o cultivo do cajueiro solos compactados, mal drenados, com o lençol freático inferior a dois metros de profundidade; solos lateríticos (cascalhentos) por apresentarem uma camada endurecida, com concreções ferruginosas, o que impede ou dificulta a penetração das raízes; solos de baixadas por serem sujeitos a alagamento por períodos prolongados; solos com declividades maiores que 30% ou com declividades menores, porém apresentando erosão laminar, e solos salinos (RIBEIRO et al., 2008).

A cajucultura ocupa no mundo, uma área estimada de 3,39 milhões de hectares, com uma produção mundial estimada em 3,1 milhões de toneladas. Os principais países produtores são o Vietnã, a Índia, o Brasil e a Nigéria. O Brasil é o terceiro produtor mundial de castanha de caju, e possui uma área cultivada de 740.000 ha, com uma produção de 250 mil toneladas da castanha de caju e dois milhões de toneladas de caju, gerando em média divisas da ordem de U\$ 225 milhões anuais (OLIVEIRA, 2008).

Na região Nordeste brasileira os principais Estados que se destacam na produção de caju são: Ceará, Piauí, e Rio Grande do Norte. No Piauí, caju é cultivado em todos os municípios, os quais totalizam uma área de 184.610 hectares, com uma produção de 68.319 toneladas de castanha, representando respectivamente, 24,87% e 27,98% da área colhida e produção em relação aos obtidos no País (IBGE, 2009). No Estado do Piauí a produção obtida na safra de 2011 foi de 66.133 de toneladas, com um rendimento médio de 381 kg ha⁻¹ (IBGE, 2012). Estima-se que no Piauí já existem em torno de 50 mil hectares plantados com cajueiro-anão precoce, com a probabilidade de em 10 anos se tornarem o maior produtor de caju do Brasil, tendo em vista a disponibilidade de terras e clima apropriados ao cultivo do cajueiro-anão precoce. Esta tecnologia é preferida em razão das vantagens do emprego de mudas propagadas vegetativamente em relação às mudas de sementes, principalmente na manutenção da identidade genética das plantas, cujos reflexos ocorrem na uniformidade do pomar e maior produtividade.

O consumo de pedúnculo de caju, in natura ou transformado em bebidas e alimentos, é um hábito desenvolvido nas regiões produtoras de caju, que vem disseminando-se cada vez mais em todo o Brasil. Em decorrência dessa prática o agronegócio do caju com foco na produção e exportação de amêndoa, vem diversificando-se e passando a incorporar os

princípios da fruticultura intensiva (FILGUEIRA et al., 2005), com o aproveitamento do pedúnculo na comercialização para a indústria de processamento ou mesmo de forma artesanal, destacando-se a produção de cajuína, doces de diversos tipos e fruto para o consumo in natura. O bagaço de caju, devidamente processado, pode ser utilizado tanto para a alimentação humana quanto na ração animal. Além da amêndoa da castanha do caju (ACC), produto de maior interesse pela aceitação em diferentes mercados e expressão econômica (ODUWOLE et al., 2001), outros dois subprodutos são extraídos do caju: o líquido da castanha de caju (LCC), que demonstra seu potencial na indústria química (SANTOS e MAGALHÃES, 1999) e o pseudofruto, que pode ser consumido in natura ou utilizado na fabricação de doces, sucos e bebidas.

2.2 - Irrigação do cajueiro

O cajueiro pé franco é comumente cultivado sob o regime sequeiro por causa da possibilidade de ser conduzido sob condições de extrema adversidade hídrica. No entanto, vários trabalhos vêm demonstrando que a irrigação pode levar a cultura do cajueiro a obter altos rendimentos. Na cajucultura, segundo Parente (1981), a disponibilidade de água e a radiação solar são os fatores que mais influenciam o crescimento e o desenvolvimento da planta. Numa pesquisa realizada por (BEZERRA e MIRANDA, 1998) foi constatado que a irrigação promoveu antecipação do início da produção em plantas do clone CCP 76, com a colheita iniciada no mês de maio e estendendo-se até dezembro, e pico máximo de produção ocorrendo no mês de setembro. OLIVEIRA (1999) observou que o consumo de água pela cultura do cajueiro é inferior ao da maioria das espécies frutíferas tropicais cultivadas sob irrigação no Nordeste brasileiro. Observou ainda que a irrigação promove a antecipação do período de produção e aumenta a produtividade de castanha nos clones CCP 09 e CCP 76. Assim, a utilização de clones melhorados e de técnicas adequadas, dentre elas a irrigação no sistema de produção do caju pode contribuir para aumentar a produtividade, reduzir as perdas na produção além de alongar o período de colheita e melhorar a qualidade da castanha e do pedúnculo.

Segundo Oliveira (2004), a irrigação suplementar consegue no cajueiro corrigir a distribuição irregular das chuvas, mantendo um nível adequado de umidade no solo, principalmente na fase de implantação da cultura. Em trabalho conduzido no município de Mossoró-RN com clones comerciais irrigados, Oliveira (1998) observou que esses respondem

favoravelmente a irrigação com incremento da produção e aumento de até seis meses no período de colheita, em relação ao cultivo sob sequeiro sendo que os clones CCP 76 e o CCP 09 apresentaram distribuição percentual da produção mais uniforme ao longo do ano.

A irrigação localizada é considerada como a mais recomendável para o cajueiro anão, visto que essa promove uma maior economia de água e energia, possibilita a aplicação de fertilizantes via água de irrigação (fertirrigação), além da redução na ocorrência de plantas daninhas e doenças foliares, não interferindo nas pulverizações, capinas e colheita (CRISÓSTOMO et al., 2001).

O custo inicial de um sistema de microirrigação para o cajueiro varia de R\$ 3.000,00 a R\$ 4.500,00 por hectare. Na microaspersão recomenda-se o uso de um emissor por planta, com vazão nominal de 30 a 70 L h⁻¹ e diâmetro molhado de 3,5 a 5,0 m, enquanto que no gotejamento devem ser utilizados em plantas adultas um mínimo de quatro gotejadores por planta no caso de solos argilosos, e até oito gotejadores por planta para os solos arenosos. Para se atender as necessidades hídricas do cajueiro devem-se levar em consideração as condições climáticas, a área foliar da planta, a fase da cultura e o método de irrigação utilizado visto que essas características variam bastante e interferem na demanda da cultura. O conhecimento da capacidade de retenção de água do solo é de fundamental importância para definição da frequência das irrigações sendo que essa pode variar entre um e quatro dias, para solos arenosos e argilosos, respectivamente (MIRANDA e OLIVEIRA, 2005).

O manejo de irrigação na cultura do cajueiro anão precoce está relacionado com a qualidade e frequência de aplicação de água, baseado no tipo de solo, na idade da planta, na eficiência do sistema de irrigação e nas condições climáticas (SOUSA et al., 2011). Para iniciar as irrigações após o período chuvoso, não estando as plantas em plena floração, pode-se aguardar cerca de 30 dias após a última precipitação superior a 10 mm (OLIVEIRA, 2002).

Mesquita et al. (2004) observaram características como crescimento vegetativo, altura da planta, diâmetro do caule e envergadura da copa de clones e progênies de cajueiro-anão precoce e comum submetidos a três regimes hídricos. Existe significância estatística entre a interação regime hídrico versus material genético para a característica diâmetro do caule e a irrigação não influenciou as características de altura e envergadura da copa.

Trabalhos conduzidos por Oliveira et al. (2004), no Campo Experimental do Curu, pertencente à Embrapa Agroindústria Tropical, em Paraipaba, CE, sob quatro regimes hídricos concluíram que a resposta do cajueiro ao uso e à frequência de irrigação, em termos

de produção e peso médio de castanhas é genótipo dependente; os clones CP 09 e CP 76 apresentam maior estabilidade de produção entre safras em relação ao CP 1001.

Em trabalho realizado no Perímetro Irrigado Curu-Pentecoste, CE avaliando os efeitos de níveis de água e adubação potássica no desenvolvimento do cajueiro anão-precoce, clone – BRS 189, Perdigão (2007) observou que a variável altura de plantas foi afetada significativamente pela quantidade de água aplicada para o tratamento que não ocorreu aplicação de potássio e que o déficit hídrico não se apresentou limitante ao desenvolvimento da cultura do cajueiro anão-precoce.

Segundo Oliveira et al. (1996), em trabalho realizado em Mossoró – RN, clones comerciais de cajueiro anão precoce quando irrigados podem proporcionar incrementos de produtividade de 286% (CCP 1001), 399% (CCP 76) e 1.153% (CCP 09) em relação às obtidas experimentalmente sob condições de sequeiro, sendo o CCP 09 o mais indicado para o cultivo sob irrigação quando o objetivo é a produção de castanha. Esses dados foram obtidos no quarto ano de idade do cajueiro.

Sob irrigação, Oliveira (2000) evidenciou a influência da água na maior produção de flores observando que as plantas mostraram maior número médio de flores abertas por panícula (403,3) do que as plantas não irrigadas (366,6). Segundo Miranda (2005) as plantas de cajueiro anão precoce irrigadas apresentam-se mais vigorosas, com folhagem mais densa e de coloração mais intensa em relação às plantas não irrigadas.

Experimento realizado em Fortaleza por SOUZA (2001) avaliando o crescimento inicial do cajueiro anão precoce, submetido a diferentes níveis de umidade do solo verificou que o clone de caju CCP 76 não apresentou diferença significativa com os tratamentos aplicados (três lâminas de irrigação) para as variáveis estudadas: altura de plantas e diâmetro do caule (abaixo e acima do enxerto).

Ribeiro et al (2006) em experimento conduzido na região de Teresina com irrigação do cajueiro-anão-precoce relata que o esse quando irrigado apresenta maior altura de planta, envergadura da copa e diâmetro do caule em relação aos mesmos parâmetros do cajueiro-anão-precoce cultivado no sistema de sequeiro.

2.3 – Hidráulica do sistema de irrigação Bubbler

O sistema de irrigação Bubbler recebe esse nome por causa da forma como a água sai na extremidade das mangueiras emissoras, quando este é ligado, onde o ar escapa formando borbulhas (REYNOLDS et al., 1995). Esse sistema se difere dos demais porque se baseia na gravidade e não requer energia externa para bombeamento ou sistema de filtragem, podendo ser operado em torno de 10 kPa (REYNOLDS, 1993; REYNOLDS e YITAYEW, 1995), fator que lhe confere um baixo custo de aquisição e operacionalização.

O sistema Bubbler - baixa pressão consiste de linha principal conectada à fonte de água, que pode ser uma caixa d'água, canal de irrigação ou barragem; uma coluna de tubo de PVC, com manômetro para controle da carga hidráulica, que deve ficar em nível constante; linha de derivação, linhas laterais e mangueiras flexíveis conectadas às laterais, com pequeno diâmetro que aplicam a água requerida de maneira localizada em cada planta. As linhas laterais podem abastecer uma ou duas fileiras de plantas, de acordo com o espaçamento da cultura. Assim o comprimento da mangueira emissora normalmente pode variar de um a oito metros. A mangueira emissora (microtubo) deve ser ancorada na própria árvore ou em piquete, com altura ajustada para que todas as mangueiras apresentem descarga semelhante.

A água deve ser distribuída em bacia circular, em torno da árvore, para que ocorra distribuição uniforme na área do sistema radicular da cultura, segundo REYNOLDS (1993) e REYNOLDS et al. (1995).

O uso do sistema em campo, entretanto, difere do estabelecido no projeto porque é difícil manter as mangueiras emissoras de água nas posições originais (COELHO et al, 2012).

O primeiro trabalho realizado com o sistema de irrigação Bubbler onde Rawlins (1977), descreveu a conversão de um sistema de irrigação por sulcos transformados em condutos fechados, por gravidade, objetivando reduzir as perdas por escoamento superficial, aumentar a eficiência do sistema e reduzir os teores de sais ao longo dos sulcos de irrigação.

Nesse sistema pode-se ter problemas de manejo de irrigação e de instalação com referência a insetos que venham a obstruir as saídas d'água, a ação de pequenos roedores que possam vir a danificar as mangueiras, limite de comprimento das linhas laterais pela falta de conexões disponíveis no comércio local, além de que a ocorrência de ar nas tubulações causadas por causa das ondulações do terreno, que podem obstruir total ou parcialmente o sistema, afetando a uniformidade de distribuição ou impedindo a descarga (SOUZA, 2001).

O sistema Bubbler é pouco utilizado nos EUA e em outros países por causa principalmente ao desinteresse dos fabricantes de equipamentos de irrigação, visto que não

existem componentes especiais como em outros sistemas. Mesmo esse sendo recomendado para pomares, existe limitação para muitas culturas de pequeno espaçamento (SOUZA, 2001).

A uniformidade do sistema Bubbler, RAWLINS (1977) em experimento em Tacna, Arizona, cita que 89,2% de coeficiente de uniformidade foi obtido antes da calibração realizada e 97,3% após da calibração. Esses resultados mostram que esse sistema é viável técnico e economicamente para pequenas áreas.

Keller e Bliesner (1990) indicam que a percentagem de área molhada que está relacionada com a eficiência do sistema assume o tamanho da micro-bacia não devendo exceder 67% da área sendo necessária sua expansão com o desenvolvimento da cultura.

O conhecimento da uniformidade de distribuição é de fundamental importância para a avaliação de sistemas de irrigação localizada, tanto na fase de implantação quanto para o acompanhamento do desempenho após a implantação do sistema (FAVETTA e BROTEL, 2001). Para tanto, deve-se avaliar as condições de pressão, vazão e lâminas aplicadas (SILVA e SILVA, 2005).

A necessidade de se realizar a avaliação de uniformidade de emissão de água aumenta de acordo com o tempo de uso do equipamento visto que o prolongamento do uso do mesmo provoca uma maior suscetibilidade por obstrução de orifícios, afetando a uniformidade de distribuição de água e conseqüentemente o rendimento da cultura (NASCIMENTO, 2009).

Para a irrigação localizada, a uniformidade de aplicação da água ao longo da linha lateral está intimamente relacionada à variação de vazão dos emissores, variação essa devida às perdas de carga ao longo do tubo e das inserções dos emissores, dos ganhos e perdas de energia de posição, da qualidade do tubo, das obstruções e efeitos da temperatura da água sobre o regime de escoamento e geometria do emissor (HOWELL & HILLER, 1974 e GOMES, 1999).

O cálculo da perda de carga causada pelo emissor em determinada condição de vazão e pressão é o principal item no dimensionamento de microtubos. De acordo com Khatri et al. (1979) e Ishaq & Ibrahim (1995), esta perda de energia é uma combinação entre perda de carga na parede do tubo e perdas menores onde estas correspondem à perda de carga localizada e à energia de velocidade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho consistiu de duas etapas onde na primeira foram realizados testes preliminares (itens 3.1 e 3.2) que consistiram na determinação da perda de carga no microtubo com diferentes comprimentos, determinação da equação característica do microtubo com diferentes pressões de funcionamento e avaliação hidráulica do sistema de irrigação sob diferentes cargas hidráulicas. Na segunda etapa foram realizados os ensaios de campo.

3.1- Perda de carga no microtubo utilizado no sistema de Irrigação Bubbler

Para a determinação da perda de carga no microtubo utilizou-se um sistema composto de um tubo de polietileno de baixa densidade de 16 mm que conduzia água proveniente de uma caixa d'água instalada a 13 m de altura. No tubo de polietileno foi acoplado um microtubo de diâmetro nominal interno (DNi) 5 mm que durante o ensaio funcionou a uma pressão constante de 1,3mca, com variação da carga de $\pm 1\%$, sendo esta monitorada através de um piezômetro instalado no mesmo ponto de conexão do microtubo (Figura 1).



Figura1. Detalhe do microtubo e piezômetro marcando a pressão utilizada.

Os ensaios foram realizados de modo a medir a vazão no final do microtubo considerando-se diferentes comprimentos (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 m) sendo realizadas

três repetições para cada comprimento e utilizando-se o tempo de dois minutos para cada determinação. Foi obtida a massa da água em balança de precisão de 0,01g e posteriormente obteve-se o volume coletado considerando-se a massa específica da água igual a 1000 kg m^{-3} , sendo o mesmo utilizado para obtenção da vazão. A perda de carga no microtubo foi determinada por meio da aplicação do teorema de Bernoulli (Eq 1) entre as seções de entrada e de saída do tubo.

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + hf \quad \text{Eq (1)}$$

As cargas de posição (Z_1 e Z_2) são componentes nulas neste trabalho, pois o microtubo estava em nível. A carga de pressão de alimentação do microtubo (P_1/γ) foi obtida pela leitura no piezômetro conectado ao tubo de derivação (1,3m). Já a carga de pressão no final do microtubo (P_2/γ) é nula, pois a água escoava livremente para a atmosfera. Tanto a carga da velocidade ($V_1^2/2g$) na entrada do microtubo quanto à carga de velocidade ($V_2^2/2g$) ao final do tubo foram desconsideradas, pois elas tem valores iguais.

A perda de carga medida anteriormente, para cada comprimento de microtubo foi comparada à perda de carga estimada por duas equações empíricas. A equação de Darcy-Weisbach é umas das mais completas para o cálculo da perda de carga em tubulações, a qual envolve todas as variáveis responsáveis pelo fenômeno, sendo dada pela (Eq 2).

$$hf = f \frac{L V^2}{D 2g} \quad \text{Eq (2)}$$

em que:

hf: perda de carga em, m;

f: fator de atrito, adimensional;

L: comprimento do tubo em, m;

V: velocidade média de escoamento do fluido em, m s^{-1} ;

D: diâmetro interno do tubo em, m;

g: aceleração da gravidade em, m s^{-2} .

No escoamento na zona de transição o fator de atrito pode ser aproximado por um valor constante, igual a 0,04 (YITAYEW, 2009). Já no escoamento turbulento completo em tubos lisos o coeficiente “f” independe da rugosidade do conduto.

$$f = \frac{c}{Re^m} \quad \text{Eq (3)}$$

em que:

c: 0,316;

m: 0,25;

Re: número de Reynolds (adimensional).

Blasius propôs uma equação (Equação 3) fundamentada nas leis da similaridade, que é dada em função apenas do (Re) número de Reynolds.

O número de Reynolds é um número adimensional usado em mecânica dos fluídos para o cálculo do regime de escoamento de determinado fluido dentro de um tubo ou sobre uma superfície. Para determinação do número de Reynolds utilizou-se a seguinte equação.

$$Re = \frac{VD}{\mu} \quad \text{Eq (4)}$$

em que:

V : velocidade do escoamento em, $m\ s^{-1}$;

μ : viscosidade da água em, $m^2\ s^{-1}$;

D : diâmetro da tubulação em, m.

Na determinação da perda de carga linear utilizou-se também uma combinação da equação Darcy-Weisbach e a equação de Blasius (Equação 5), descrita por Keller e Bliesner (1990) e Boswell (1984). Esta equação é a mesma utilizada pelo aplicativo desenvolvido para dimensionamento do sistema de irrigação Bubbler e é expressa por:

$$hf = K \times \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \times L \quad \text{Eq (5)}$$

onde:

hf = perda de carga, em mca;

$K = \text{constante } 7,89 \times 10^{-5};$

$Q = \text{vazão, em } \text{m}^3 \text{ s}^{-1};$

$D = \text{diâmetro interno, em m};$

$L = \text{comprimento do microtubo, em m.}$

Para determinação da equação característica do microtubo de DN_i de 5 mm, o mesmo testado sob diferentes pressões de operação (8; 9; 10; 11; 12; 13; 14 e 15 kPa) com variação da carga em $\pm 1\%$, sendo esta monitorada através de um piezômetro instalado no mesmo ponto de conexão do microtubo. Esta faixa de pressão contempla a recomendação de pressão de operação do sistema Bubbler que está entre 10 e 13 kPa. Os ensaios foram realizados de modo a medir a vazão no final do microtubo sendo para isso utilizado um comprimento de (0,10 m) de forma a desprezar a perda de carga visto que esse comprimento era muito pequeno sendo realizadas três repetições para cada pressão utilizando-se o tempo de dois minutos para cada determinação. Foi obtida a massa da água em balança de precisão de 0,01g e posteriormente obteve-se o volume coletado considerando-se a massa específica da água igual a 1000 kg m^{-3} , sendo o mesmo utilizado para obtenção da vazão em $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$. De posse dos valores de pressão e vazão gerou-se a equação característica do microtubo utilizando-se o aplicativo Excel.

3.2- Avaliação hidráulica do sistema de irrigação Bubbler

A fonte de água utilizada pelo sistema de irrigação foi proveniente de um poço tubular sendo essa classificada como C2S1 de acordo com a classificação de qualidade da água para irrigação proposta pelo UCCC (1974). A água era armazenada numa caixa d'água de aproximadamente 30 m de altura sendo distribuída para uma outra caixa d'água de dois metros onde utilizava-se um sistema de bóia para se manter sempre o nível de água constante.

Foi instalado um sistema de irrigação de baixa pressão tipo Bubbler, sendo este dimensionado utilizando-se o aplicativo Bubbler 1.0. O sistema era composto de uma linha principal de PVC de 50 mm, uma linha de derivação de PVC de 75 mm, linhas laterais de polietileno de uma polegada sendo essas de 24 m onde uma linha lateral abastecia duas fileiras de plantas. Os microtubos utilizados tinham DN de 5 mm e tinham comprimento médio de 4 m.

Os tubos foram enterrados a 0,1 m de profundidade. Para estabelecer as alturas de saída nas mangueiras emissoras (microtubos), utilizou-se um nível de mangueira, tendo atribuído à superfície do solo próximo à coluna e manômetro, considerada cota zero.

As mangueiras emissoras foram ancoradas em piquetes com altura ajustada de modo que todas as mangueiras funcionassem à mesma carga hidráulica para proporcionar vazões uniformes (Figura 2). A distribuição da água foi realizada em micro-bacia circular, com um metro de diâmetro, em torno do cajueiro objetivando melhorar a uniformidade de distribuição em todo sistema radicular (Reynolds, 1993; Reynolds et al., 1995).



Figura 2. Detalhe do microtubo e da distribuição da água em formato de microbacia circular.

Foi realizada a avaliação do sistema de irrigação sob as cargas hidráulicas 10 kPa, 11 kPa, 12 kPa e 13 kPa a fim de observar qual a carga que proporcionaria melhor uniformidade do sistema. Foram coletados os volumes de água emitidos durante um minuto por cada mangueira com o auxílio de uma proveta e um cronômetro, sendo em seguida obtidas as respectivas vazões, em $L h^{-1}$. Os índices de desempenho utilizados para a avaliação da uniformidade de aplicação de água pelo sistema foram Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), (CRISTIANSSEN, 1942) (Eq 6), bem como Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), (KELLER E KARMELLI, 1975) (Eq 7), e Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE), (WILCOX & SWAILES, 1947), (Eq 8).

$$CUC = \frac{(1 - \sum_{i=1}^N (\bar{q} - q_i))}{n\bar{q}} \times 100 \quad \text{Eq (6)}$$

em que:

CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen, em %;

q_i = vazão de cada saída em $L h^{-1}$;

\bar{q} = vazão média do emissor, em $L h^{-1}$;

n = número de saídas.

$$CUD = \frac{\bar{q}}{qt} \times 100 \quad \text{Eq (7)}$$

em que:

CUD = coeficiente de uniformidade de distribuição, em %;

\bar{q} = média dos 25% menores valores, em $L h^{-1}$;

qt = média de todos os valores coletados, em $L h^{-1}$.

$$CUE = \left(1 - \frac{s}{\bar{X}}\right) \times 100 \quad \text{Eq (8)}$$

em que:

s = desvio padrão;

\bar{X} = média de todos os valores de vazão encontrados, em $L h^{-1}$.

A interpretação dos valores para CUC, CUE e CUD baseou-se nas classificações propostas por Mantovani (2002), ASAE (1996) e Merriam e Keller (1978), respectivamente apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Classificações do sistema para o CUC, CUE e CUD propostas por Mantovani (2002), ASAE (1996) e Merriam e Keller (1978) para irrigação localizada.

Mantovani		ASAE		Merriam e Keller	
CUC	GRAU DE ACEITABILIDADE	CUE	GRAU DE ACEITABILIDADE	CUD	GRAU DE ACEITABILIDADE
Excelente	90-100	Excelente	95-100	Excelente	>90
Bom	80-90	Bom	85-95	Bom	80-90
Razoável	70-80	Normal	75-85	Regular	70-80
Ruim	60-70	Ruim	65-75	Ruim	<70
Inaceitável	<60	Inaceitável	<65		

De forma a verificar o efeito do tempo e da utilização do sistema foram realizadas mais duas avaliações de CUC, CUD e CUE, sendo uma no mês de abril e outra no mês de junho mantendo-se a carga hidráulica de 13 kPa ajustada utilizando-se um registro e um piezômetro, instalados no início da unidade operacional. Através dos volumes coletados em cada mangueira emissora obtiveram-se as respectivas vazões para posterior determinação dos índices de desempenho e classificação baseando-se nas metodologias propostas para cada índice de uniformidade.

3.3- Desenvolvimento do cajueiro sob diferentes lâminas de água

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Piauí, Campus do Socopo, em Teresina-PI. O clima de Teresina, de acordo com a classificação climática de Thornthwaite e Mather (1955) é C1sA'a', caracterizado como subúmido seco, megatérmico, com excedente hídrico moderado no verão. As chuvas se concentram entre os meses de janeiro e abril, com precipitação pluvial média de 1336,5 mm, temperatura média do ar de 27°C e umidade relativa média do ar de 72,6% (BASTOS e ANDRADE JÚNIOR, 2008).

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, textura média, hipo/mesodistrófico, A fraco, muito profundo, ácido, fase florestal tropical

sub-caducifolia, com relevo plano e boa drenagem. Sua origem litológica é provinda de arenitos da formação pedra-de-fogo do Permiano. Na profundidade 0,00 a 0,35 m o solo se apresenta com textura franco-arenosa (LOPES, et al, 2008).

Foram realizadas análises químicas do solo da área experimental no Laboratório de Solos da UFPI (Tabela 2) sendo retiradas da área experimental amostras deformadas do solo nas camadas de 0,0 – 0,2 m e de 0,2 – 0,4 m para a sua caracterização química.

Tabela 2. Caracterização físico-química do solo da área experimental.

pH												
H2O	H+Al	H	Al	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	K ⁺	T	P	DS	M	SB	V	MO
(1:2,5)	-----cmolc dm ⁻³ -----						mg dm ⁻³	kg dm ⁻³	-----%-----		dag kg ⁻¹	
0,0-0,2 m												
4,05	2,86	2,48	0,38	1,87	0,14	4,73	7	2,87	8,66	1,87	37,4	2,56
0,2-0,4 m												
3,85	2,95	2,14	0,82	0,78	0,06	3,92	8	3,11	21,13	0,98	24,8	2,23

O preparo do solo da área consistiu na realização de aração e gradagem além da correção da acidez com aplicação de calcário, na dose de duas toneladas por hectare. Cerca de 30 dias antes do plantio foram realizadas abertura das covas sendo essas nas dimensões de 0,3m x 0,3m x 0,3m. As adubações de fundação e de cobertura foram realizadas com base nas análises de solo e nas recomendações técnicas para a cultura (EMBRAPA, 2003). Na fundação foram aplicados 200 g por planta de P₂O₅. A adubação de cobertura foi realizada com vistas a obtenção de rendimentos superior a 3000 kg de castanha por hectare de modo a aplicar uma dose anual de 200 kg ha⁻¹ de N, 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 90 kg ha⁻¹ de K₂O.

Foram utilizadas mudas enxertadas certificadas de cajueiro anão precoce CCP76. O clone em estudo foi transplantado em março de 2011, no espaçamento de 7 x 7 m. Como as mudas foram transplantadas no período chuvoso não foi necessária à aplicação de uma lâmina de água para uniformizar a área experimental. Durante a condução do experimento à medida que se observava a morte das mudas em especial nas parcelas de cultivo em sequeiro as mesmas eram substituídas evitando a desuniformidade do plantio. Os tratos culturais dentre eles o coroamento e aplicação de defensivos foram realizados de modo a manter a área livre de plantas invasoras, pragas e doenças.

A área experimental totalizou 3.136 m², constituída de 16 parcelas (4 tratamentos x 4 repetições), sendo cada parcela composta de quatro plantas todas irrigadas pelo sistema

Bubbler, à exceção da testemunha que correspondeu ao tratamento em sequeiro (0% da lâmina aplicada), conforme ilustrado na Figura 3.

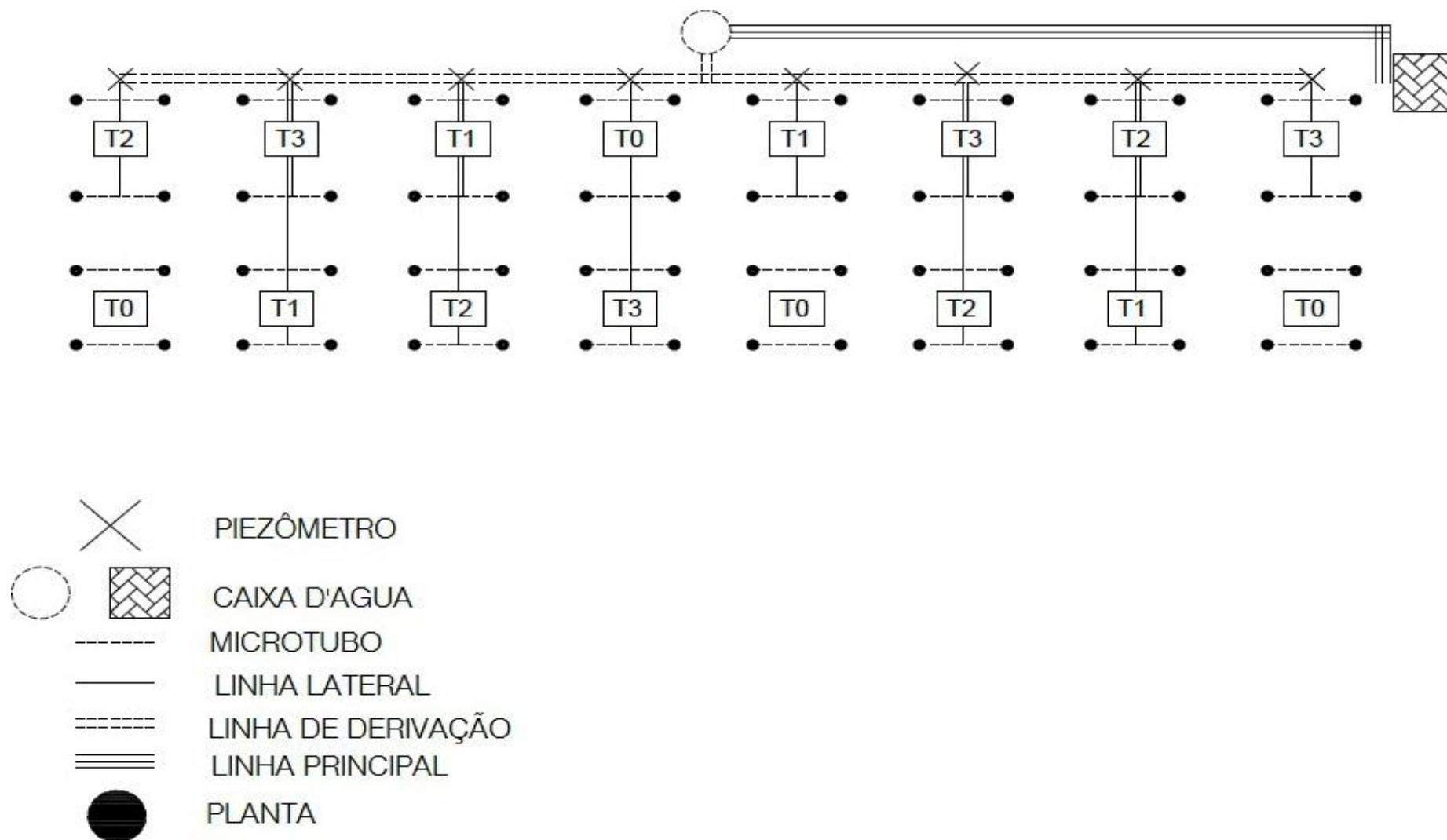


Figura 3. Croqui do sistema de irrigação Bubbler instalado na área experimental

O período de condução do experimento deu-se em março de 2011 e estendeu-se até agosto de 2012. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e quatro repetições, sendo os tratamentos compostos de três lâminas de irrigação (75, 100, 125% da evapotranspiração da cultura) e um tratamento testemunha (sequeiro).

Para o manejo da irrigação, os valores da evapotranspiração de referência (ET_o) foram obtidos de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), provenientes de uma estação meteorológica convencional situada na latitude -5.08°N, longitude -42.82°E e altitude de 74,36 metros, sendo o valor de ET_o calculado diariamente pelo modelo de Penman-Monteith, com a utilização do programa CROPWAT 8.0 (FAO, 2009). Os valores do K_c foram utilizados para cada fase do desenvolvimento da cultura, sendo estes apresentados na Tabela 3 (EMBRAPA, 2003).

Tabela 3. Valores do coeficiente de cultivo (K_c) do cajueiro, de acordo com a fase de desenvolvimento da cultura

	1º ano	2º ano
K _c *	0,50	0,55

*ajustados para o cajueiro, Embrapa (2003).

O cálculo da lâmina de irrigação e o cálculo do tempo de irrigação (T_i), em minutos, para cada tratamento foram determinados baseando no volume requerido pela planta sendo esse obtido mediante a relação entre a ET_o, o K_c e a área molhada.

Os parâmetros da cultura do caju avaliados a cada 30 dias foram: altura média das plantas (cm), diâmetro médio do caule abaixo do ponto de enxerto (mm) e diâmetro médio do caule acima do ponto de enxerto (mm). Para realizar-se a medida da altura das plantas utilizou-se um bastão de madeira com uma fita métrica fixada no mesmo e para a medida dos diâmetros do caule tanto abaixo quanto acima do enxerto usou-se um paquímetro com precisão de 0,05 mm, levando em consideração a distância de um centímetro para iniciar a medida. Os dados obtidos através das coletas mensais realizadas em campo foram analisados estatisticamente pelo programa ASSISTAT Versão 7.6 beta (SILVA, 2012) observando-se o delineamento experimental utilizado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1- Avaliação hidráulica do Sistema Bubbler

O escoamento no microtubo referente aos comprimentos testados foi caracterizado em regime da zona de transição e regime turbulento, visto que os números Reynolds obtidos foram distintos de acordo com o comprimento da tubulação. Para os comprimentos de 7 a 10 m, os números de Reynolds ficaram entre 3.239,64 e 3.791,19 e o escoamento foi caracterizado como na zona de transição $Re < 4 \times 10^3$ enquanto os comprimentos inferiores a esse tiveram números de Reynolds entre 4.010,60 e 7.650,89 apresentando fluxo turbulento ($4 \times 10^3 \leq Re \leq 10^5$).

Na Tabela 4 apresentam-se as perdas de carga no microtubo avaliado medidas experimentalmente e as perdas de carga estimadas pelas equações de Blasius e Darcy-Weisbach. Observa-se que na equação de Blasius para os comprimentos maiores (7, 8, 9, 10 m) os valores das perdas de carga foram superestimados em relação ao valor medido destacando-se que no comprimento de 6 m a perda de carga medida e a estimada pela equação foram iguais, enquanto que nos comprimentos menores (1, 2, 3, 4 e 5 m) os valores de perda de carga foram subestimados em relação aos medidos. Considerando a equação de Darcy-Weisbach o comportamento dos valores de perda de carga estimados, quando comparados com os valores medidos, para os comprimentos de 7 e 8 m, os valores ficaram próximos aos medidos sendo que para os demais comprimentos (1, 2, 3, 4, 5, 6, 9 e 10 m) foram todos subestimados em relação a valor de perda de carga medido. À medida que os comprimentos do microtubo eram diminuídos a perda de carga diminuía e a vazão aumentava. Zitterell (2009), ao trabalhar com perda de carga em microtubos e conectores utilizados em microaspersão concluiu que, ao utilizar diâmetros diferentes a perda de carga variou bastante em função da vazão.

Tabela 4. Vazão e Perdas de carga medida e estimadas pelas equações de Blasius e Darcy-Weisbach, para diferentes comprimentos do microtubo.

L (m)	Q (m ³ s ⁻¹)	D (m)	hf medida	hf estimada	hf estimada
			(kPa)	Eq Blasius (kPa)	Eq Darcy (kPa)
1	2,68E-05	0,005	13	6,7	6,4
2	2,23E-05	0,005	13	9,7	9,3
3	1,94E-05	0,005	13	11,4	10,9
4	1,70E-05	0,005	13	12,1	11,6
5	1,53E-05	0,005	13	12,6	12,1
6	1,41E-05	0,005	13	13,0	12,5
7	1,33E-05	0,005	13	13,8	13,1
8	1,24E-05	0,005	13	14,0	13,1
9	1,14E-05	0,005	13	13,4	12,3
10	1,09E-05	0,005	13	13,9	12,6

Na Figura 4 apresentam-se as relações entre as vazões (m³ s⁻¹) em função das pressões (KPa) do microtubo estudado. Observa-se que a equação apresentou coeficiente de determinação R²=0,985 para o modelo potencial, significando que mais de 98,5% da variação da vazão em função da pressão pode ser explicada pela equação. Segundo Frizzone et al. (1998) a relação entre vazão e pressão, a perda de carga ao longo da linha lateral e no emissor, constituem as características hidráulicas que influenciam diretamente o desempenho do sistema. Karmeli (1977) comenta que emissores de longo percurso podem ter expoente de vazão variando de 0,5 a 1,0. Para o microtubo estudado o seu expoente de vazão foi de 0,5718 sendo esse enquadrado na faixa descrita pelo autor. Alves et al. (2011) encontrou o expoente de 0,7999 trabalhando com microtubos ramificados.

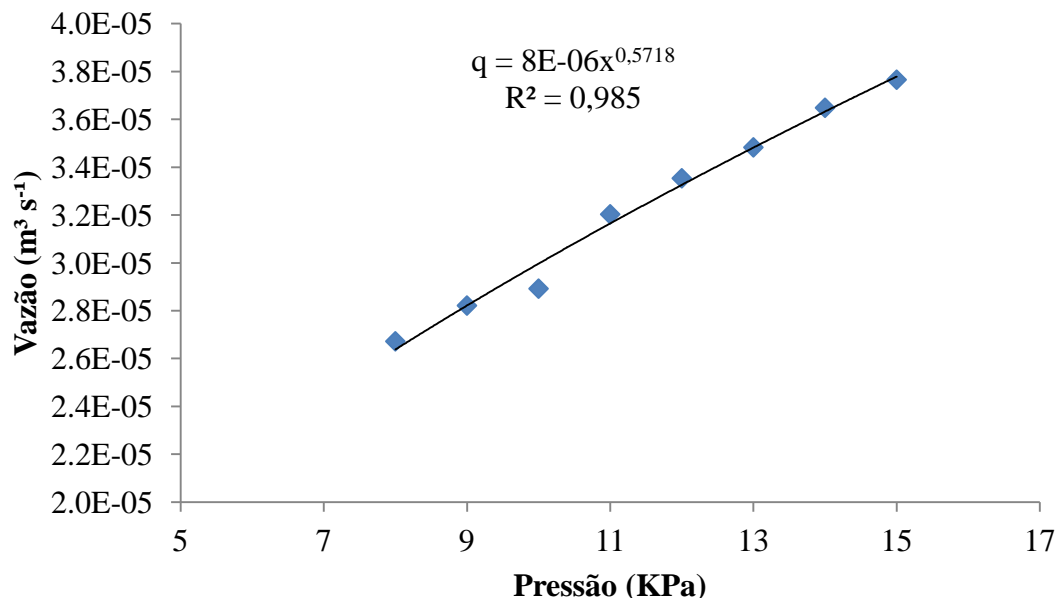


Figura 4. Variação da vazão em função de diferentes pressões de funcionamento.

Os valores dos coeficientes de uniformidade do sistema de irrigação Bubbler para as diferentes cargas hidráulicas são apresentados na Tabela 5. Observa-se em geral uma relação direta entre as cargas hidráulicas e os índices de desempenho do sistema de irrigação Bubbler avaliado. CUC foi o que apresentou os maiores valores sendo esse resultado considerado positivo visto que segundo Lopez et al. (1992), é comum esse coeficiente apresentar valores inferiores aos outros coeficientes porque ele possui um tratamento mais rigoroso a problemas de distribuição ocorridos ao longo da linha lateral.

Quanto aos coeficientes CUD e CUE estes apresentaram valores acima de 70% para as diferentes cargas hidráulicas, porém o CUE teve valores mais altos que o CUD. No que diz respeito à classificação do desempenho do sistema para as diferentes cargas hidráulicas os mesmos demonstram que o desempenho do sistema pode ser classificado como bom (Tabela 1) de acordo com Mantovani (2002), ASAE (1996) e Merriam e Keller (1978). Corroborando com os resultados obtidos por Silva (2011) ao avaliar a uniformidade de distribuição de água de um sistema de irrigação Bubbler sob diferentes cargas hidráulicas na cultura da acerola. Nota-se que os valores obtidos para o CUC nas cargas de 1,3 e 1,2 mca foram bem próximos, em torno de 90%, e na medida em que a carga hidráulica diminui, o seu valor também decresce, chegando a 83,81%. No CUE o comportamento das cargas hidráulicas de 1,3 e 1,2 mca foram parecidos com o observado para CUC, visto que seus valores ficaram em torno de 87% e já nas cargas

inferiores analisadas esse valor também decresce, destacando-se a carga de 1,0 mca, pois esta apresentou valores abaixo de 80%.

Analisando-se o CUD, as cargas de 1,1, 1,2 e 1,3 mca apresentam valores acima de 80% fato que não ocorre na carga de 1,0 mca onde o valor encontrado foi próximo de 70%. Ao se fazer uma comparação entre as cargas hidráulicas observa-se que à medida que estas diminuem, diminui-se também a eficácia do sistema.

Tabela 5. Valores dos coeficientes de uniformidade CUC, CUD, CUE para diferentes cargas hidráulicas e desempenho do sistema.

Carga hidráulica (mca)	CUC (%)	CUE (%)	CUD (%)	DESEMPENHO DO SISTEMA
1,1	88,80	83,65	80,29	BOM
1,2	90,54	86,01	83,65	BOM
1,3	90,79	87,24	84,81	BOM
1,0	83,81	78,00	72,32	REGULAR

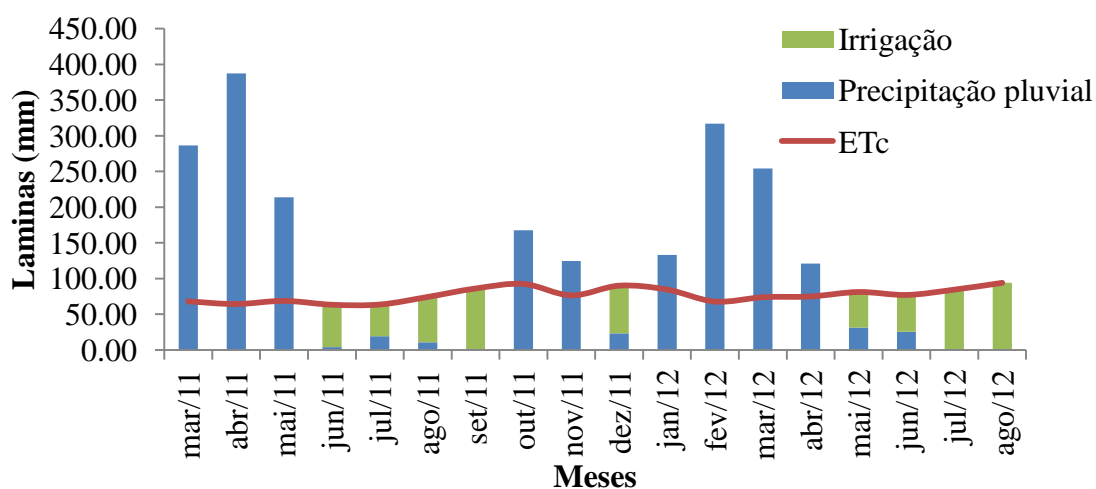
Os valores dos coeficientes de uniformidade para a carga hidráulica de 1,3 mca para diferentes épocas são apresentados na Tabela 6. Os coeficientes apresentaram grande variação nos períodos avaliados observando-se um decréscimo quanto a sua uniformidade sendo esse mais acentuado um ano após a implantação do sistema em campo (abril/12). O CUC foi o que apresentou os maiores valores em todas as avaliações feitas durante o período avaliado. Observa-se também que entre a primeira e a segunda avaliação os coeficientes CUC, CUE e CUD tiveram uma queda de 18, 29 e 28%, respectivamente. Após a segunda avaliação fez-se o ajuste da altura dos piquetes do sistema de irrigação de modo que todos os microtubos apresentassem a mesma vazão. Logo após esse ajuste obteve-se novos índices (jun/12) sendo esses classificados dentro de um grau de aceitabilidade considerado bom, demonstrando a necessidade de se fazer a manutenção periódica do sistema visto que esse sofre alterações em sua uniformidade a medida que esse vai sendo utilizado. Segundo Souza et al. (2000), existe uma tendência na diminuição dos valores de uniformidade com o tempo indicando muitos problemas relacionados com a condução e operação do sistema, desde o fato da não reposição dos equipamentos que estejam entupidos ou danificados.

Tabela 6. Coeficientes de uniformidade obtidos durante o período experimental

Carga hidráulica (mca)	CUC (%)	CUE (%)	CUD (%)	Data
1,3	93,8	92,25	90,32	jun/11
1,3	79,29	71,69	70,5	abr/12
1,3	88,94	85,17	82,47	jun/12

4.2- Crescimento do cajueiro anão precoce sob diferentes lâminas de água

Na Figura 5 estão apresentados os valores de precipitação pluvial, ETc e lâminas de irrigação aplicadas na cultura do caju durante a condução do experimento. Nos meses de março a abril de 2011 as precipitações ocorridas foram maiores que a demanda evapotranspirativa da cultura fato esse que ajudou no estabelecimento da cultura no início do experimento. Já nos meses de junho a setembro de 2011 ocorreu um déficit hídrico na cultura justificando a utilização da irrigação e aplicação dos tratamentos nesse período. As lâminas aplicadas nesse período foram de 59,31; 44,21; 63,46; 85,63 mm, respectivamente. Nos meses de outubro de 2011 a abril de 2012 observa-se a ocorrência de precipitações superiores a demanda da cultura com exceção do mês de dezembro de 2011, onde aplicou-se uma lâmina de 66,84mm. No período de maio à agosto de 2012 a demanda da cultura foi maior que as precipitações pluviais sendo necessária a aplicação das lâminas de irrigação de 49,95; 51,69; 84,60 e 94,24 mm, respectivamente.

**Figura 5.** Precipitação pluvial, ETc e lâminas de irrigação aplicadas durante a condução do experimento.

Nas Tabelas 7, 8 e 9 visualiza-se o resumo da análise de variância da regressão para as variáveis: altura de planta, e diâmetro do caule (abaixo e acima do enxerto). Percebe-se que não houve efeito significativo das lâminas de água sobre as variáveis estudadas. Uma das possíveis causas desse resultado foi a influência das chuvas ocorridas durante o período experimental, fato que promoveu a uniformidade das plantas. Resultado semelhante foi encontrado por SOUZA (2001) em experimento realizado em Fortaleza, Ceará, quando verificou que o clone de caju CCP 76 não apresentou diferença significativa com os tratamentos aplicados (três lâminas de irrigação) para as variáveis estudadas: altura de plantas e diâmetro do caule (abaixo e acima do enxerto).

Tabela 7. Resumo da análise de variância da regressão para a variável altura em função das diferentes lâminas aplicadas.

FV	Altura da planta (cm)							
	F				P			
	Abr/11	Ago/11	Nov/11	Ago/12	Abr	Ago	Nov	Ago/12
Reg. Linear	0,0378ns	0,020ns	2,042ns	-	>0,050	>0,050	>0,050	-
Reg. Quadra	0,9741ns	0,173ns	0,855ns	-	>0,050	>0,050	>0,050	-
Reg. Cúbica	0,424ns	0,469ns	0,041ns	-	>0,050	>0,050	>0,050	-

ns não significativo ($p \geq .05$)

Tabela 8. Resumo da análise de variância da regressão para a variável diâmetro abaixo do enxerto em função das diferentes lâminas aplicadas

FV	Diâmetro abaixo enxerto (mm)							
	F				P			
	Abr	Ago	Nov	Ago/12	Abr	Ago	Nov	Ago/12
Reg. Linear	2,315ns	0,796ns	2,697ns	1,254ns	>0,050	>0,050	>0,050	>0,050
Reg. Quadra	0,039ns	0,660ns	3,547ns	0,669ns	>0,050	>0,050	>0,050	>0,050
Reg. Cúbica	1,312ns	0,092ns	0,031ns	0,023ns	>0,050	>0,050	>0,050	>0,050

ns não significativo ($p \geq .05$)

Tabela 9. Resumo da análise de variância da regressão para a variável diâmetro acima do enxerto em função das diferentes lâminas aplicadas

FV	Diâmetro acima enxerto (mm)							
	F				P			
	Abr	Ago	Nov	Ago/12	Abr	Ago	Nov	Ago/12
Reg. Linear	0,023ns	0,984ns	1,971ns	2,244 ns	>0,050	>0,050	>0,050	>0,050
Reg. Quadra	0,020ns	0,915ns	3,651ns	0,443 ns	>0,050	>0,050	>0,050	>0,050
Reg. Cúbica	0,061ns	0,430ns	0,072ns	0,026 ns	>0,050	>0,050	>0,050	>0,050

ns não significativo ($p \geq .05$)

Na Tabela 10 são apresentados os valores médios das alturas de plantas, diâmetro abaixo do enxerto, diâmetro acima do enxerto e coeficiente de variação. Apesar de não ter ocorrido diferenças significativas na análise de variância da regressão para as variáveis em estudo, a variável altura de plantas, no mês de abril (2011), o T2(100) apresentou valor médio superior a 12% em relação ao T1(75), já nos meses de agosto e novembro de 2011, os tratamentos T2(100) em relação ao T3(125) e T3(125) T4(0) tiveram acréscimos de 10 e 27% em relação as suas médias. Para a variável diâmetro abaixo do enxerto, no mês de abril foi o que apresentou o menor percentual entre os tratamentos de cerca de 8% correspondente aos tratamentos T4(0) em relação ao T1(75) sendo que no mês de agosto (2011), o T1(75) apresentou valor médio inferior a 16% em relação ao T3(125). Quanto ao diâmetro acima do enxerto, no mês de agosto (2011), o T3(125) apresentou valor médio de 18% superior em relação ao T1(75) enquanto que nos meses de novembro (2011) e agosto (2012) os tratamentos T2(100) em relação ao T4(0) e T1(75) em relação T4(0) tiveram respectivamente valores médios superiores de 33 e 27%. De posse dos resultados dos coeficientes de variação de cada parâmetro, pode-se aferir que as variações ocorridas entre as plantas, no que concerne as características avaliadas, foram relativamente baixas, ou seja, houve pouca variação nos dados coletados.

Ribeiro et al (2006) relata que o cajueiro-anão-precoce quando irrigado apresenta maior altura de planta, envergadura da copa e diâmetro do caule em relação aos mesmos parâmetros do cajueiro- anão-precoce cultivado no sistema de sequeiro.

Tabela 10. Valores médios para a variável altura de plantas, diâmetro abaixo e diâmetro acima do enxerto do cajueiro anão precoce para cada tratamento durante o período experimental.

Altura da planta (cm)				
TRAT	abr/11	ago/11	nov/11	Ago/12
1 (75)	39,94	71,36	86,25	-
2 (100)	45,38	70,25	91,25	-
3 (125)	42,79	78,44	81,5	-
4 (0)	41,75	70,40	66,73	-
CV(%)	4,34	5,27	6,11	
Diâmetro abaixo enxerto (mm)				
TRAT	abr/11	ago/11	nov/11	ago/12
1 (75)	8,53	13,37	18,86	42,46
2 (100)	9,10	14,79	21,70	43,47
3 (125)	8,84	16,00	19,59	41,81
4 (0)	9,30	14,97	14,26	33,67
CV(%)	6,79	6,88	8,46	7,52
Diâmetro acima enxerto (mm)				
TRAT	abr/11	Ago/11	nov/11	ago/12
1 (75)	7,86	10,65	15,35	33,37
2 (100)	7,93	11,52	18,11	32,73
3 (125)	7,83	12,92	16,32	30,82
4 (0)	7,83	11,75	12,16	24,52
CV(%)	6,01	6,99	9,09	8,30

Na Figura 7 observa-se o comportamento dos tratamentos sobre as variáveis estudadas. No que se refere a variável altura de plantas para o período em estudo as plantas apresentaram um crescimento contínuo com exceção das plantas submetidas aos tratamentos T3 (125% ETc) e T4 (sequeiro) que após o mês de julho apresentaram variações em seu crescimento.

Observa-se de uma maneira geral que o tratamento T4 (sequeiro) foi o que proporcionou menor crescimento médio para as plantas enquanto que o T2 (100% ETc) foi o que promoveu maior crescimento médio das plantas.

Tanto para a variável diâmetro abaixo quanto para a variável diâmetro acima do enxerto observa-se no período de julho a setembro que as plantas apresentaram variações em sua medida.

De novembro de 2011 a agosto de 2012 as variáveis diâmetro abaixo e acima do enxerto apresentaram-se com desenvolvimento similares.

Como para a variável altura de plantas também se percebe que nas variáveis diâmetro abaixo e acima do enxerto os tratamentos T4 (sequeiro) foi o que proporcionou menor diâmetro médio para as plantas enquanto que o T2 (100% ETc) foi o que promoveu maior diâmetro médio das plantas.

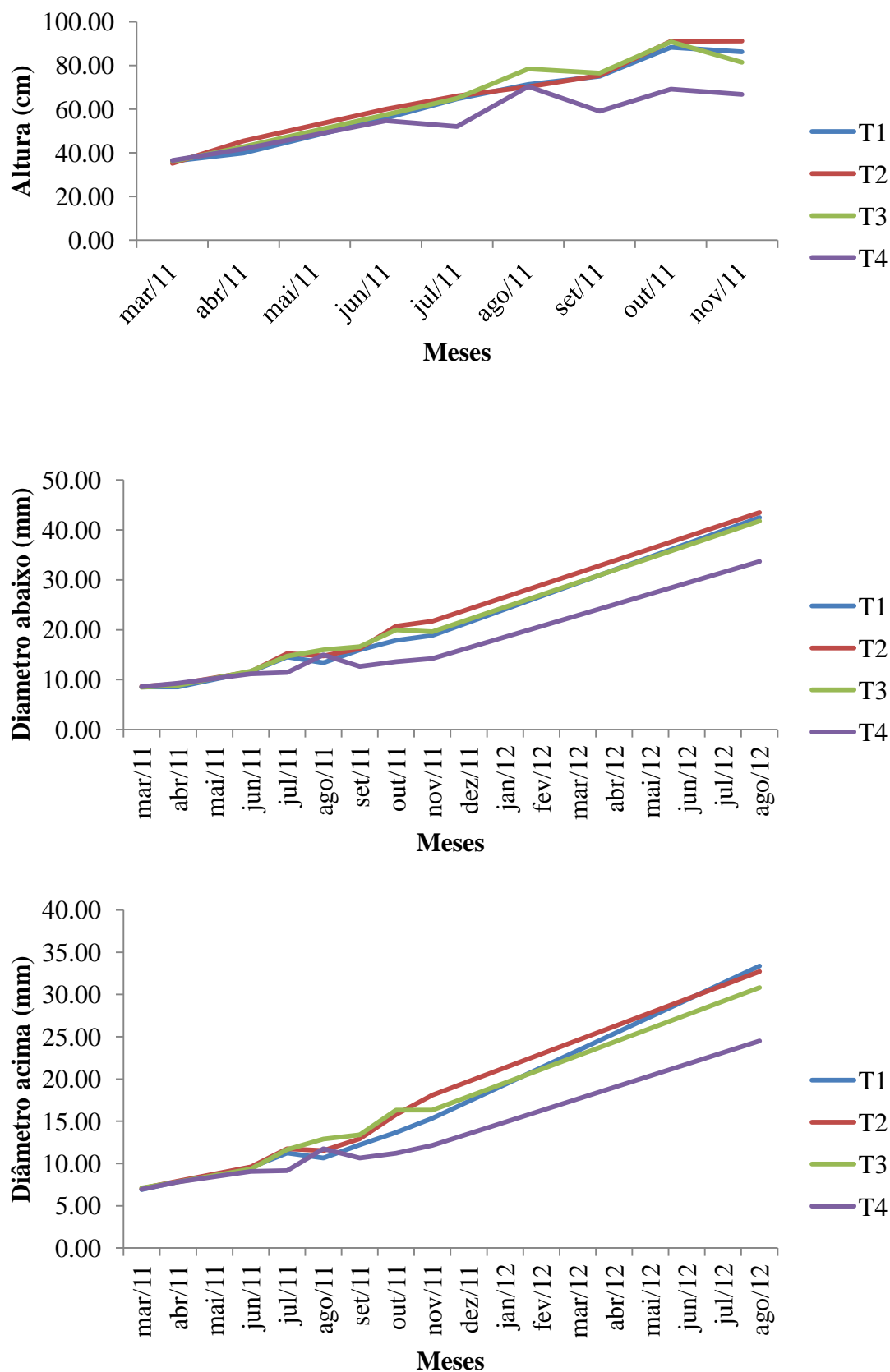


Figura 6. Evolução da altura, diâmetro abaixo e diâmetro acima do enxerto do cajueiro ano precoce para cada tratamento durante o período experimental.

5. CONCLUSÕES

Para o sistema de irrigação Bubbler com a pressão de funcionamento recomendada de 1,3 mca as equações de Blasius e de Darcy-Weisbach estimaram adequadamente a perda de carga do microtubo para os comprimentos de 6 a 8 m.

O desempenho do sistema Bubbler pode ser classificado como bom.

Os coeficientes de uniformidade apresentaram variações em função do tempo de uso demonstrando a necessidade de manutenção periódica e manejo adequado do sistema.

Para o cajueiro anão precoce, considerando as condições experimentais, não houve efeito significativo das lâminas de água sobre a altura das plantas bem como para o diâmetro do caule, abaixo e acima do enxerto.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULHUSSAIN, M. F. **Gravity bubbler irrigation systems on steep slopes converted to bench terraces**. 1994. 153 f. Thesis (Master Irrigation Engineering) - University of Arizona, Arizona.

AGUIAR, M. de J. N.; COSTA, C. A. R. Exigências climáticas. In: BARROS, L. M. (Ed.). **Caju: produção: aspectos técnicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 21-25. (Frutas do Brasil, 30).

ALMEIDA, F. A. G.; JUNIOR, W. M.; ALMEIDA, F. C. G. Fenologia comparativa de dois clones enxertados de cajueiro anão em condições de irrigação. **Cienc. Rural.**, Santa Maria,. vol.32, no.2, Santa Maria Apr. 2002.

ALVES, D. G; PINTO, M.F; SALVADOR, C. A; BOTREL, T.A; ALMEIDA, C. D. G. C de. Modelagem para o dimensionamento de um sistema de microirrigação utilizando microtubos ramificados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.16, n.2, p.125–132, 2012.

ARAÚJO, J. P. P. de; SILVA, V. V. da. **Cajucultura: Modernas técnicas de produção**. Fortaleza: EMBRAPA/CNPAT, 1995. 292p.

ASAE – AMERICAN SOCIETY AGRICULTURAL ENGINEERS. **Field Evaluation of Microirrigation Systems**. St. Joseph, p. 792-797. 1996.

BARROS, L. M. de. 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. p. 55-71.

BARROS, L. M.; PIMENTEL, C. R. M.; CORREA, M. P. F.; MESQUITA, A. L. M. **Recomendações técnicas para a cultura do cajueiro-anão-precoce**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1993. 65p. (EMBRAPA - CNPAT. Circular Técnica, 1).

BARROS, L.M. Agência de Informação Embrapa Caju; Pré-produção; Características da espécie em relação ao meio ambiente; Características das plantas. Disponível em:

<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/caju/arvore/CONT000fi8wxjm202wiv80z4s473zfjkk9.html> acesso 26/12/2012.

BASTOS, E. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. **Boletim Agrometeorológico do ano de 2008 para o município de Teresina, PI**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2008, 37p. (Embrapa397 Meio-Norte. Documentos, 181).

BEZERRA, F. C.; MIRANDA, F. R. **Efeito da densidade de plantio sobre o crescimento e a produção de cajueiro-anão-precoce irrigado**. Fortaleza: Embrapa CNPAT, 1998.4p.

BOSWELL, M. J. **Micro-irrigation design manual**. El Cajon, California: James Hardie irrigation Inc., 1984. 120 p.

CHRISTIANSEN, E.J. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: University of California, 1942.142p. (Bulletin,670).

COELHO, E. F; SILVA, T. S. M da; PARIZOTTO, I.; et al. Sistemas de irrigação de baixo custo para irrigação familiar de assentamentos ribeirinhos do semiárido. In: **Recursos hídricos em regiões semiáridas**/ editores, Hans Raj Gheyi, Vital Pedro da Silva Paz, Salomão de Sousa Medeiros, Carlos de Oliveira Galvão - Campina Grande-PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas-BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012. 258 p., 15,5 x 21,0 cm. ISBN 978-85-64265-03-5

CRISÓTOMO, L. A. et al. **Cultivo do cajueiro anão precoce: aspectos fitotécnicos com ênfase na adubação e na irrigação** - Fortaleza : Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. 20p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Circular Técnica, 08).

[EMBRAPA](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Caju/Cultivodocajueiro/adubacao.htm). **Sistemas de Produção**. ISSN 1678-8702 Versão eletrônica.

<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Caju/Cultivodocajueiro/adubacao.htm>. Janeiro, 2003.

FAO, Cropwat. Versão 8.0, **Walter Resources Development and Management Service of FAO**, 2009.

FAVETTA, Gilberto Manilli and BOTREL, Tarlei Arriel. **Uniformidade de sistemas de irrigação localizada: validação de equações**. *Sci. agric.* [online]. 2001, vol.58, n.2, pp. 427-730. ISSN 0103-9016

FILGUEIRAS, H. A. C.; SILVA, E. de O.; ALVES, R. E.; MOSCA, J. L. Colheita e pós-colheita da produção integrada de caju. In: OLIVEIRA, V. H. de; COSTA, V. S.

de O. (Ed.). **Manual de produção integrada de caju**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2005. p. 259-276.

FRIZZONE, J. A.; VIEIRA, A. T.; PAZ, V. P. S.; BOTREL, T. A. Caracterização hidráulica de um tubo gotejador. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, p.278-283, 1998.

FROTA, P. C. E.; PARENTE, J. I. G. Clima e fenologia. In: CAJUCULTURA: modernas técnicas de produção. Organizadores: João Pratagil Pereira de Araújo e Valderi Vieira da Silva. Fortaleza: EMBRAPA/CNPAT, 1995. p.43-54.

GOMES, H.P. **Engenharia de irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento**. 3.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 412 p.

HAMMED, L. A.; ANIKWE, J. C.; ADEDEJI, A. R. Cashew nuts and production development in Nigeria. **American-Euroasion journal of scientific research**, v. 3, n. 1, p.: 54-61, 2008.

HOWELL, T. A.; HILLER, E. A. Designing trickle irrigation laterals for uniformity. In: INTERNATIONAL DRIP IRRIGATION CONGRESS, 2., 1974, San Diego. **Proceedings...** Riverside: Department of Soil Science and Agricultural Engineering, 1974. p.299-304

ISHAQ, A.M.; IBRAHIM, M.A. The design of trickle irrigation systems with microtubes as emitters. In: **International Congress of Microirrigation**, 5, 1995, Orlando, Florida. Resumos... Orlando: ASAE, 1995, p.708-716.

KARMELI, D. **Classification and flow regime analysis of drippers**. Journal of Agricultural Engineering Research, v.22, p.165-173, 1977.

KHATRI, K.C.; WU, I.; GILTILIN, H.M.; PHILLIPS, A. **Hydraulics of microtube emitters**. Journal of the Irrigation and Drainage Division of ASCE, New York, v.105, n. IR2, p.167-173, 1979.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and Trickle Irrigation**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. 652 p.

KELLER, J.; KARMELLI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinklers Manufacturing Corp., 1975. 133 p.

LIMA, V. P. M. S. **Cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Fortaleza, Banco do Nordeste do Brasil. Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste, 1988. 486 p. (Estudos Econômicos e Sociais, 35).

- LOPES, M. M.; SALVIANO, A. A. C.; MOUSINHO, F. E. P.; et al. Atributos Químicos e Físicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com Forrageiras em Sistemas de Pastoreio Rotacionado no Estado do Piauí. **Revista Científica de Produção Animal**. v.10, n.2, p.89-101. 2008.
- LOPEZ, J.R.; ABREU, J.M.H.; REGALADO, A.P.; HERNADEZ, J.F.G. **Riego localizado**. 2 ed. Madrid: Centro Nacional de Tecnologia de Regadíos, 1992. p.217-229.
- MANTOVANI, E. C. **Avalia: manual do usuário**. Viçosa: DEA/UFV-PNP&D/ café Embrapa, 2002.
- MANTOVANI, E. C; BERNARDO, S; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 2.ed., atual. e ampl. – Viçosa: Ed. UFV, 2007.358p. ; 22cm.
- MERRIAM, J. L., KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University, 1978. 271p.
- MESQUITA, R. C. M.; PARENTE, J. I. G.; MONTENEGRO, A. A. T.; MELO, F. I. O.; PINHO, J. L. N. de; JUNIOR CAVALCANTI, A. T. Influência de regimes hídricos na fenologia do crescimento de clones e progênies de cajueiro precoce e comum nos primeiro vinte meses. **Revista Ciência Agronômica**, v. 35, n.1, p. 96-103, jan-jun. 2004.
- MIRANDA, F. B. de. Irrigação. In: OLIVEIRA, V. H. de.; COSTA, V. S. de. **Manual de produção integrada de caju**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2005. 355p.
- MIRANDA, F. R; OLIVEIRA, V. H. Agência de Informação Embrapa Caju. Produção; Irrigação; Métodos de Irrigação. Disponível em:
http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/caju/arvore/CONT000fielotma02wyiv80z4s473q0ytc_k3.html acesso: 05/01/2013.
- NASCIMENTO, A. K. S. do; SOUZA, R. O. R. M; LIMA, S. C. R. V; CARVALHO, C. M. de; ROCHA, B. M; LEITE, K.do N. **DESEMPENHO HIDRÁULICO E MANEJO DA IRRIGAÇÃO EM SISTEMA IRRIGADO POR MICROASPERSÃO**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.3, n.1, p.39–45, 2009.ISSN 1982-7679 (On-line).Fortaleza, CE, INOVAGRI.
- OLIVEIRA, V. H. de. **Caracterização de clones de cajueiro anão-precoce (Anacardium occidentale L.) sob diferentes regimes hídricos**. 1999. 94 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

OLIVEIRA, V. H. Cashew Crop. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v.30, n.1, p. 001-284, Mar. 2008

OLIVEIRA, V.H.; SANTOS, F.J.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.

OLIVEIRA, V. H. **Cultivo do cajueiro anão precoce**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 40 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Sistema de Produção, n. 1).

OLIVEIRA, V. H. de; CRISOSTOMO, L. A.; MIRANDA, F. R. de; ALMEIDA, J. H. S. Produtividade de clones-enxertos de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) irrigados no município de Mossoró – RN. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA TROPICAL, 24. **Anais...** Curitiba, 1996. 110p.

OLIVEIRA, V. H.; MIRANDA, F. R.; CRISÓSTOMO, L. A.; ALMEIDA, J. H. S. Produtividade de clones comerciais de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) irrigados no município de Mossoró-RN. **Comunicado Técnico Embrapa Agroindústria Tropical**. N.º 14, fev./98, p. 1-5.

OLIVEIRA, V. H; MIRANDA, F. R. de; LIMA, R. N. de; CAVALCANTE, R. R. R. **Produção de castanha em cajueiro-anão precoce sob diferentes regimes hídricos** - Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 20p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 19). ISSN 1679-6543

PARENTE, J.I.G. **Estudos fenológicos do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) no litoral do Ceará**. Fortaleza: UFC– CE, 1981. 48p. (Dissertação - (Mestrado em Agronomia) – Curso de Pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Ceara.

PERDIGÃO, P. C. N. **Efeitos dos Níveis de Água e Adubação Potássica no Desenvolvimento do Cajueiro Anão-Precoce, clone BRS-189**. 2007. 53p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

RAWLINS, S.L. Uniform irrigation with a low head bubbler system. *Agriculture and Management*, Amsterdam, v.1, n.1, p.167-78, 1977.

REYNOLDS, C.; YITAYEW, M. Low-head bubbler irrigation systems. Part II. Air lock problems. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 29, p. 25-35, 1995.

REYNOLDS, C.; YITAYEW, M.; PETERSEN, M. Low-head bubbler irrigation systems. Part I Design. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 29, p. 1-4, 1995.

REYNOLDS, C. A. **Design and evaluation of bubbler irrigation systems**. 1993. 134 f. Thesis (Master Irrigation Engineering) - University of Arizona, Arizona.

RIBEIRO, J. L, RIBEIRO, H.A. Desempenho produtivo de oito clones de cajueiro-anão precoce cultivados sob regime de sequeiro no cerrado sul maranhense. **Comunicado Técnico-153**. ISSN 0104-7647. Teresina- PI, Julho- 2003.

RIBEIRO, J. L.; RIBEIRO, V. Q.; SILVA, P. H. S.; RIBEIRO, H. A. M. Avaliação de clones de cajueiro-anão precoce no município de Picos, PI, no período de 2000 a 2004. (Embrapa Meio Norte. **Comunicado Técnico**, 172). Teresina, Piauí, 2005, 6 p.

RIBEIRO, J. L; BORGES VAL, A. D. do; ARAÚJO NETO, P. P. de; ARAÚJO, J. R. de; ABREU NETO, B. I. de; RIBEIRO, H. A. M. Cajueiro-anão-precoce para a Região Meio Norte do Brasil- Clone: CCP 76. **Folder**. Embrapa Meio Norte. Teresina-PI. Outubro, 2006.

RIBEIRO, J. L; BORGES VAL, A. D. do; ARAÚJO NETO, P. P. de. Recomendações Técnicas para o Cultivo do Cajueiro-Anão-Precoce na Região Meio-Norte do Brasil. **Circular Técnica-50**. Teresina, PI. Novembro, 2008.

RIBEIRO, J. L. **Cajuína: informações técnicas para a indicação geográfica de procedência do Estado do Piauí**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011.106 p. ; 22 cm.
ISBN 978-85-88388-19-2

RIBEIRO, J. L.; NOGUEIRA, C. C. P.; SILVA, P. H. S.; RIBEIRO, H. A. M. Irrigação do cajueiro-anão-precoce na região de Teresina. **Comunicado Técnico 189**. ISSN 0104-7647, Junho, 2006. Teresina/PI.

SANTOS, M. L. dos; MAGALHAES, G. C. Utilisation of Cashew Nut Shell Liquid from *Anacardium occidentale* as Starting Material for Organic Synthesis: A

Novel Route to Lasiodiplodin from Cardols. **J. Braz. Chem. Soc.**, v. 10, n. 1,13-20, 1999.

SILVA, C. A. da; SILVA, C. J. da. Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, ano 4, n. 8, 2005.

SILVA, F. A. S. e. ASSISTAT – Assistência Técnica, versão 7.6 beta, 2012.

SILVA, N. S.; SOARES, C. A.; MOUSINHO, F. E. Avaliação da Uniformidade de Distribuição de Água de um Sistema de Irrigação Bubbler sob Diferentes Cargas Hidráulicas. In: Conird - Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 21. , 2011, Petrolina. **Anais**.

SOUZA, I. H. **Avaliação do sistema de irrigação Bubbler e do crescimento inicial do cajueiro anão precoce, submetido a diferentes níveis de umidade do solo**. Fortaleza, 2001. 94f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

SOUZA, I. H. de; ANDRADE, E. M. de; SILVA, E. L. da. Avaliação hidráulica de um sistema de irrigação localizada de baixa pressão, projetado pelo software “bubbler”. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.264-271, 2005.

SOUSA, L. B. de; FEITOZA, L. L. de; GOMES, R. L. F; LOPES, A. C. A. de; SOARES, E. B. SILVA, E. M. P. da. Aspectos de biologia floral de cajueiros anão precoce e comum. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, p.882-885, mai-jun, 2007.

SOUSA, V.F; MAROUELLI, W. A; COELHO, E. F; PINTO, J. M; COELHO FILHO, M. A. **Irrigação e Fertirrigação em Fruteiras e Hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011.

SOUZA, L. O. C. de; MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. A; RAMOS, M. M; BONOMO, R. Uniformidade de aplicação de água em sistemas de Irrigação por gotejamento, em função do tempo de uso e do tipo de gotejador, utilizados na cafeicultura irrigada. **Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2000**.

THORNTHWAITE, C.W. & MATHER, J.R. The water balance. **Publications in Climatology**. New Jersey, Drexel Institute of Technology, 1955. 104p.

UCCC-University of California Committee of Consultants. Guidelines for interpretation of water quality for agriculture. Davis: University of California, 1974. 13p. **Documento**.

WILCOX, J. C.; SWAILERS, G. E. Uniformity of water distribution by some undertree orchard sprinklers. **Scientific Agricultural**, v.27, p.565-583, 1947.

YITAYEW, M. Simplified method for sizing laterals with two or more diameters. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v.135, n.1, p.111-114, 2009.

ZITTERELL, D. B.; FRIZZONE, J. A.; RETTORE NETO O.; ULLMANN M. N. **Perda de carga em microtubos e conectores utilizados em microaspersão**. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.4, p.591-604, 2009.