

ISSN 1677-1915
Outurbo, 2013

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agroindústria Tropical
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 16

Irrigação em Cajueiro-anão-precoce

*Fábio Rodrigues de Miranda
Rubens Sonsol Gondim
Vitor Hugo de Oliveira*

2ª edição revista e ampliada

Embrapa Agroindústria Tropical
Fortaleza, CE
2013

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Agroindústria Tropical

Rua Dra. Sara Mesquita, 2.270
Bairro do Pici
CEP 60511-110 Fortaleza, CE
Fone: (85) 3391-7100/7189
Fax: (85) 3391-7109
www.cnpat.embrapa.br
cnpat.sac@embrapa.br

Unidade responsável pelo conteúdo

Embrapa Agroindústria Tropical

Comitê de Publicações
Presidente
Marlon Vagner Valentim Martins

Secretário-Executivo
Marcos Antônio Nakayama
Membros
José Arimatéia Duarte de Freitas
Celli Rodrigues Muniz
Renato Manzini Bonfim
Rita de Cássia Costa Cid
Rubens Sonsol Godim
Fábio Rodrigues de Miranda

Foto da capa
Fábio Rodrigues de Miranda

Unidade responsável pela edição

Embrapa Informação Tecnológica

Coordenação editorial
Selma Lúcia Lira Beltrão
Lucilene Maria de Andrade
Nilda Maria da Cunha Sette

Supervisão editorial
Erika do Carmo Lima Ferreira

Revisão de texto
Jane Baptistone de Araújo

Normalização bibliográfica
Celina Tomaz de Carvalho

Editoração eletrônica
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

1ª edição
1ª impressão (1995): 1.000 exemplares

2ª edição
1ª impressão (2013): 500 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Informação Tecnológica

Miranda, Fábio Rodrigues de.

Irrigação em cajueiro-anão-precoce / Fábio Rodrigues de Miranda, Rubens Sonsol Godim, Vitor Hugo de Oliveira. – 2. ed. rev. ampl. – Fortaleza, CE : Embrapa Agroindústria Tropical, 2013.

30 p : il. ; 14,8 cm X 21 cm – (Documentos / Embrapa Agroindústria Tropical, ISSN 1677-1915 ; 16).

1. Caju. 2. Cultivo. 3. Fruta tropical. 4. Irrigação. I. Rubens Sonsol Godim. II. Vitor Hugo de Oliveira. III. Título. IV. Série.

CDD 634.573

© Embrapa 2013

Autores

Fábio Rodrigues de Miranda

Engenheiro-agrônomo, Ph.D em Engenharia de Biosistemas, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE
fabio.miranda@embrapa.br

Rubens Sonsol Gondim

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Irrigação, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE
rubens.sonsol@embrapa.br

Vítor Hugo de Oliveira

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE
vitor.oliveira@embrapa.br



Apresentação

Atualmente, as principais regiões produtoras de frutas do mundo utilizam a irrigação como insumo importante para melhorar a produtividade e a qualidade das frutas. Nas últimas décadas, o avanço da tecnologia de irrigação, com o advento da irrigação localizada (ou microirrigação), da fertirrigação e de novas técnicas de manejo de irrigação, tem permitido alcançar níveis de produtividade, qualidade e eficiência de aplicação de água altamente satisfatórios na produção de frutas.

A maioria dos pomares de cajueiro no Brasil e no mundo ainda é de sequeiro. No entanto, desde o início da década de 1990, vários estudos, realizados no Brasil e em outros países, têm mostrado o potencial da irrigação para aumentar a produtividade e o período de colheita, além de melhorar a qualidade dos frutos do cajueiro-anão.

Neste trabalho, são apresentadas informações relevantes sobre a utilização da irrigação na cultura do cajueiro-anão, obtidas a partir de estudos realizados pela Embrapa Agroindústria Tropical e da experiência acumulada por produtores de cajueiro-anão irrigado.

Cláudio Rogério Bezerra Torres

Chefe-Geral da Embrapa Agroindústria Tropical



Sumário

Irrigação em Cajueiro-anão-precoce	9
Introdução.....	9
Métodos de irrigação	10
Viabilidade econômica do cajueiro-anão irrigado	14
Manejo da irrigação	14
Qualidade da água.....	18
Fertirrigação	19
Monitoramento da umidade na zona radicular.....	22
Controle da irrigação com o uso de tensiômetros.....	25
Referências	29



Irrigação em Cajueiro-anão-precoce

Fábio Rodrigues de Miranda

Rubens Sonsol Gondim

Vitor Hugo de Oliveira

Introdução

Plantas de cajueiro-anão precoce irrigadas, em geral, apresentam-se mais vigorosas, com folhagem mais densa e de coloração mais intensa em relação às plantas não irrigadas (Figura 1). Experimentos realizados no Brasil, na Austrália e na Índia têm mostrado que a produtividade do cajueiro pode ser aumentada significativamente com o uso da irrigação.

Em regiões semiáridas (com pluviosidade abaixo de 800 mm ano⁻¹), a produtividade do cajueiro-anão irrigado pode superar 4 t ha⁻¹ de castanha e 40 t ha⁻¹ de pedúnculo, utilizando-se boas práticas de manejo de irrigação, adubação e controle fitossanitário. Além disso, o período de colheita pode ser ampliado em até 5 meses em relação ao cultivo de sequeiro (OLIVEIRA et al., 1998).

O aumento da produtividade nos cultivos irrigados, em relação aos de sequeiro, ocorre principalmente em virtude do aumento do número de frutos por planta, não havendo diferenças no peso da castanha entre os dois sistemas de cultivo. Observa-se que o cajueiro-anão, mesmo quando irrigado, apresenta alternância anual de produção (anos de produção mais alta seguidos de anos de produção mais baixa) (OLIVEIRA et al., 2006).

Entre os clones de cajueiro-anão recomendados pela Embrapa que foram testados sob condições irrigadas (CCP 9, CCP 76 e CCP 1001), o CCP 9 é o que apresenta maior produtividade. No entanto, o clone CCP 76 é o mais plantado, tanto em condições de sequeiro, quanto sob irrigação, em virtude de apresentar pedúnculo mais atraente para o mercado de frutos in natura.

Foto: Vitor Hugo Oliveira



Figura 1. Diferenças de vigor vegetativo entre uma planta de cajueiro-anão precoce irrigada (à esquerda) e não irrigada (à direita). Paraipaba, CE, 1998.

Métodos de irrigação

Na irrigação do cajueiro, recomenda-se o uso da microirrigação (microaspersão ou gotejamento), que apresenta as seguintes vantagens sobre outros métodos de irrigação:

- Alta uniformidade de irrigação (em sistemas bem dimensionados e com boa manutenção).
- Economia de mão de obra e possibilidade de automação do sistema, permitindo a irrigação noturna, com tarifa de energia reduzida.
- Redução da incidência de doenças foliares e plantas invasoras.
- Economia de água em virtude da redução de perdas por evaporação.
- Adaptação a diferentes tipos de solos e topografias.
- Possibilidade de aplicação de fertilizantes via água de irrigação (fertirrigação), com boa uniformidade e aumento da eficiência dos fertilizantes.

A principal desvantagem da microirrigação está relacionada ao entupimento dos emissores. No entanto, o problema pode ser minimizado com a utilização de um sistema de filtragem adequado ao tipo de impureza presente na água de irrigação e com o tratamento químico da água em alguns casos. Em geral, os microaspersores apresentam menos problemas de entupimento que os gotejadores, pois possuem orifícios de passagem da água de maior diâmetro.

Para escolher entre sistemas de microaspersão ou gotejamento, deve-se considerar a disponibilidade de água (quantidade e qualidade), o tipo de solo e o tipo de produto a ser explorado (castanha ou fruto in natura).

Os sistemas de gotejamento são mais indicados para a irrigação do cajueiro em solos de textura média a argilosa, em que o volume de solo molhado por gotejador é maior. No gotejamento ocorre maior economia de água e energia, visto que as perdas de água por evaporação na superfície do solo são menores e o sistema opera com menor pressão de serviço. Segundo Blaikie et al. (2001), plantas de cajueiro irrigadas por gotejamento consomem 5% menos água que as irrigadas por

microaspersão para alcançar a mesma produtividade de castanhas. Outra vantagem do gotejamento é que os frutos que caem no solo não são molhados nas irrigações, permitindo colheitas menos frequentes quando o principal produto explorado for a castanha.

O número mínimo recomendado é de dois gotejadores por planta no primeiro ano após o plantio, quatro gotejadores por planta em plantas adultas cultivadas em solos argilosos e oito gotejadores por planta adulta quando cultivadas em solos arenosos (Figura 2).

A microaspersão permite molhar um maior volume de solo que o gotejamento, principalmente em solos arenosos, o que é vantajoso do ponto de vista do manejo da irrigação e da fertilização. No entanto, as castanhas caídas na superfície do solo sob o alcance dos microaspersores são molhadas nas irrigações, podendo ocorrer perdas caso as colheitas não sejam frequentes.

Foto: Fábio Rodrigues Miranda



Figura 2. Cajueiro-anão precoce irrigado por gotejamento.

Recomenda-se o uso de um microaspersor por planta, com vazão nominal de 30 L h⁻¹ a 70 L h⁻¹ e diâmetro molhado de 3,5 m a 5,0 m (Figura 3). A fim de reduzir as perdas de água por evaporação, recomenda-se irrigar durante a noite e reduzir o diâmetro molhado dos microaspersores para cerca de 1 m no primeiro e segundo anos após o plantio.



Foto: Vitor Hugo Oliveira

Figura 3. Planta adulta de cajueiro-anão-precoce irrigada por microaspersão.

Para reduzir os custos com energia elétrica, é recomendável utilizar sistemas de microirrigação automatizados, que permitam irrigar durante a noite, usufruindo das tarifas de energia elétrica reduzidas. A automação de sistemas de microirrigação geralmente é feita com o uso de programadores (*timers*) e válvulas solenoides. Há necessidade ainda da instalação de um medidor de energia horo-sazonal. Embora a automação represente um aumento do custo inicial do sistema de irrigação, esse investimento é rapidamente compensado pela redução dos gastos com energia, que em alguns casos pode chegar a mais de 80%.

Viabilidade econômica do cajueiro-anão irrigado

O custo inicial de um sistema de microirrigação para o cajueiro-anão varia de R\$ 3.000,00 a R\$ 5.000,00 por hectare. Segundo Pessoa et al. (2000), os gastos com operação, manutenção e depreciação do sistema de irrigação respondem por cerca de 47% do custo de produção do cajueiro irrigado. No entanto, além do aumento de produtividade, a castanha e o pedúnculo do cajueiro-anão precoce enxertado irrigado alcançam melhores preços que os de sequeiro, pois apresentam melhor qualidade e podem ser ofertados na entressafra.

O cultivo do cajueiro-anão precoce visando exclusivamente à produção e comercialização de castanha-de-caju é um investimento de pouco retorno econômico, tanto em condições de sequeiro, quanto irrigado. No entanto, o cultivo irrigado apresenta boa viabilidade econômica quando se considera a exploração comercial da castanha-de-caju, do pedúnculo e do caju de mesa para consumo in natura (PESSOA et al., 2000).

Manejo da irrigação

As necessidades hídricas do cajueiro variam de acordo com os seguintes fatores: clima, porte da planta (área foliar), fase da cultura e método de irrigação utilizado. Em geral, as necessidades de água da cultura tendem a aumentar em condições de clima quente e seco, ventos fortes, plantas com grande área foliar e grande superfície de solo molhada na irrigação.

Para o cajueiro, as fases de florescimento e desenvolvimento dos frutos são consideradas as mais críticas no que se refere à sensibilidade ao deficit hídrico e à maior demanda de água. A ocorrência de deficit de água no solo durante essas fases pode causar a diminuição do número de frutos por planta e, conseqüentemente, da produtividade do cajueiro. Estudos realizados na Austrália mostraram que plantas adultas de cajueiro podem ser irrigadas apenas no período entre o início

do florescimento e a colheita, sem causar redução na produção e com significativa economia de água, comparado à irrigação durante todo o período de seca (BLAIKIE et al., 2001).

Para cajueiros irrigados por microaspersão ou gotejamento, o volume de água a ser aplicado por irrigação pode ser estimado segundo a equação:

$$V = \frac{ET_0 \times K_c \times K_r \times A \times Tr}{E_a}$$

Em que:

V = volume de água a ser aplicado por irrigação (L planta⁻¹).

ET_0 = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹).

K_c = coeficiente de cultivo (adimensional).

K_r = coeficiente de redução da evapotranspiração (adimensional).

A = área ocupada por planta (m²).

Tr = turno de rega (dias).

E_a = eficiência de aplicação do sistema de irrigação (decimal).

O turno de rega (Tr) ou frequência das irrigações depende da capacidade de retenção de água do solo, da porcentagem de área molhada pelos emissores e da evapotranspiração da cultura. Nas condições da região Nordeste do Brasil, o turno de rega para o cajueiro-anão varia de um dia para solos arenosos até quatro dias para solos argilosos.

A evapotranspiração de referência (ET_0) pode ser estimada a partir de dados climáticos diários da região, sendo o método FAO Penman-Monteith, descrito por Allen et al. (1998), o mais recomendado para o seu cálculo. Como o cálculo diário da (ET_0), que utiliza o método FAO Penman-Monteith, é relativamente complexo, recomenda-se o uso de planilhas eletrônicas desenvolvidas para esse fim ou o uso de tabelas com valores médios de (ET_0) para a região, a exemplo da Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios de evapotranspiração de referência (ET_0) estimada pelo método FAO Penman-Monteith para alguns municípios do Ceará.

Município	Evapotranspiração de referência (ET_0) (mm dia ⁻¹)											
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Acaraú, Bela Cruz, Marco, Morrinhos	5,4	5,1	4,1	4,3	4,3	5,1	5,5	6,7	7,1	7,2	7,0	6,4
Aracati, Fortim, Icapuí, Beberibe	6,3	5,9	5,2	4,9	4,6	4,5	6,0	6,5	6,8	6,9	5,5	5,3
Jaguaruana, Quixeré, Palhano	6,2	5,3	4,5	4,4	4,2	4,6	5,2	6,3	7,0	7,4	7,1	6,5
Morada Nova, Limoeiro do Norte, Russas	6,7	5,6	4,9	4,6	4,6	4,7	5,3	6,3	7,3	7,7	7,7	7,3
Paraipaba, Paracuru, Trairi	4,4	4,5	3,9	3,8	3,8	3,8	4,2	4,8	5,4	5,4	5,3	5,0

Fonte: Cabral (2000).

Na Tabela 2, são apresentados os valores médios de coeficiente de cultivo (K_c) e de coeficiente de redução da evapotranspiração (K_r) para o cajueiro-anão. O coeficiente (K_r) deve ser definido a partir do coeficiente de cobertura do solo (CS), que representa a porcentagem da superfície do solo coberta pela cultura, ou a partir da porcentagem da superfície do solo molhada na irrigação, o que for maior.

A título de exemplo, são apresentadas, na Tabela 3, recomendações de irrigação para plantas de cajueiro-anão precoce com diferentes idades, plantadas no espaçamento 7,0 m x 8,0 m, em municípios da região nordeste do Ceará. Para outras regiões e condições de cultivo, devem ser utilizados valores de (ET_0) e de coeficiente de cobertura do solo (CS) específicos do local.

Tabela 2. Coeficientes de cobertura do solo (CS), de cultivo (Kc) e de redução da evapotranspiração de acordo com a cobertura do solo (Kr) para o cajueiro-anão.

Coeficiente	1º ano	2º ano	3º ano	4º ano	5º ano em diante
CS (%)	5 a 10	10 a 25	25 a 40	40 a 50	60 a 65
Kc	0,50	0,55	0,55	0,60	0,65
Kr	0,10 a 0,20	0,20 a 0,30	0,30 a 0,50	0,50 a 0,70	0,70 a 0,80

Fonte: Oliveira (2002).

Tabela 3. Volume de água recomendado para a irrigação do cajueiro-anão-precoce ($L \text{ planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) em diferentes estágios de desenvolvimento e meses do ano, nos municípios de Beberibe, Aracati, Fortim e Icapuí, CE.

Ano	Mês											
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1º	15	14	13	12	11	11	15	16	17	17	20	19
2º	42	40	35	33	31	30	40	48	50	51	48	47
3º	68	63	56	53	49	48	64	76	80	81	81	78
4º	101	95	84	79	74	72	97	114	119	121	113	109
5º ano em diante	118	111	98	92	86	85	113	144	151	153	131	126

A Embrapa Agroindústria Tropical disponibiliza gratuitamente uma planilha eletrônica, denominada Irrigacaju, que permite calcular com rapidez e simplicidade as necessidades de irrigação do cajueiro-anão, a partir de dados climáticos diários ou médias históricas de ET_0 do local (MIRANDA, 2005).

Quando não houver disponibilidade de dados climáticos ou de evapotranspiração de referência (ET_0) para a região, pode-se adotar como uma simplificação a aplicação de 5 L dia^{-1} de água para cada

metro quadrado da superfície do solo sombreada pela copa das plantas ou molhada pelos emissores, que é válida para regiões de alta demanda evapotranspirativa, no período entre o florescimento e a colheita.

Valores de área de projeção da copa do cajueiro ou área molhada pelo emissor e valores correspondentes de volume de água a ser aplicado por planta são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Valores de diâmetro da copa do cajueiro (D_{copa}) ou diâmetro molhado pelo emissor (D_{molhado}), área de projeção da copa (A_{copa}) ou área molhada pelo emissor (A_{molhada}) e volume de água a ser aplicado na irrigação do cajueiro-anão.

D_{copa} ou D_{molhado} (m)	A_{copa} ou A_{molhada} (m ²)	Volume (L planta ⁻¹ dia ⁻¹)
1	1	5
2	3	15
3	7	35
4	13	65
5	20	100
6	28	140

Qualidade da água

Antes de decidir pelo uso da irrigação, é recomendável realizar uma análise da qualidade da água a ser utilizada. O cajueiro é considerado uma planta moderadamente sensível à salinidade da água. Para a irrigação do cajueiro, o ideal é que a água de irrigação apresente uma condutividade elétrica (CE) inferior a 1,6 dS m⁻¹. Segundo Carneiro et al. (2007), a irrigação com água de salinidade superior a 1,6 dS m⁻¹ reduz a altura, o diâmetro do caule, o número de folhas e a área foliar de plantas de cajueiro-anão.

Devem ser evitadas ainda águas com teores de ferro superiores a 0,1 ppm, que podem causar problemas de entupimento em sistemas de microirrigação.

Fertirrigação

A aplicação de fertilizantes via água de irrigação (fertirrigação) é uma prática recomendada em cultivos de cajueiro irrigado, e apresenta as seguintes vantagens:

- Aumento da eficiência dos fertilizantes, que podem ser aplicados com maior frequência e são mais bem distribuídos na zona radicular, reduzindo perdas por volatilização e lixiviação.
- Redução de custos com mão de obra e máquinas para aplicação de fertilizantes.

Os nutrientes mais frequentemente aplicados na fertirrigação são aqueles com maior solubilidade e mobilidade no solo, como o nitrogênio e o potássio. Porém, podem ser aplicados via fertirrigação todos os macro e micronutrientes, desde que os fertilizantes apresentem boa solubilidade em água.

Para aplicar os fertilizantes na fertirrigação, são necessários um ou mais tanques de solução – onde os fertilizantes são pré-diluídos em água – e um dispositivo injetor. Os tipos de injetores mais utilizados na fertirrigação são a bomba injetora, o injetor tipo Venturi e o tanque de diferencial de pressão.

A bomba injetora pode ser de acionamento hidráulico (Figura 4) ou elétrico. Em geral apresenta um custo inicial mais elevado que o tipo Venturi e o tanque, porém não afeta a pressão de operação do sistema de irrigação e permite aplicar a solução a uma taxa constante e com bom controle de dosagem.

O injetor Venturi é um dispositivo simples, de baixo custo e boa durabilidade (Figura 5). Quando é instalado diretamente na linha principal do sistema de irrigação, ocorre uma queda de pressão que, dependendo do modelo utilizado, pode chegar a mais de 30%, constituindo sua principal desvantagem. Por esse motivo, geralmente

é instalado em uma tubulação de desvio (*bypass*), precedido de uma pequena bomba *booster*. Essa bomba cria uma pressão adicional e força a passagem da água através do Venturi.

Foto: Francisco J. S. Santos



Figura 4. Bomba injetora com acionamento hidráulico utilizada na fertirrigação.

O tanque de diferencial de pressão é constituído por um recipiente hermeticamente fechado com capacidade para resistir à pressão hidráulica do sistema de irrigação. Tal qual o Venturi, o tanque é conectado à linha de irrigação como um *bypass* e requer uma diferença de pressão na linha para forçar o fluxo de água pelo interior do tanque (Figura 6). Para garantir uma aplicação completa dos fertilizantes, o volume de água que deve passar através do tanque deve ser pelo menos quatro vezes igual a sua capacidade. Uma desvantagem do tanque é que não há como controlar a concentração dos nutrientes na água de irrigação, que diminui bruscamente entre o início e o fim



Foto: Fábio Rodrigues Miranda

Figura 5. Injetor tipo Venturi utilizado na fertirrigação.



Foto: Fábio Rodrigues Miranda

Figura 6. Tanque de diferencial de pressão utilizado na fertirrigação.

da aplicação. Entre suas vantagens cita-se o baixo custo inicial e sua mobilidade.

O procedimento mais recomendado para a aplicação dos fertilizantes via água de irrigação consiste em dividir a operação em três etapas. Na primeira, o sistema de irrigação opera apenas com água, até que a pressão e a vazão em todos os emissores estejam estabilizadas. Na segunda etapa, a solução fertilizante é injetada no sistema. Terminada a injeção, o sistema de irrigação deve operar novamente apenas com água por mais 20 ou 30 minutos, a fim de remover toda a solução fertilizante das tubulações.

Monitoramento da umidade na zona radicular

No manejo de água e nutrientes, o conhecimento da distribuição do sistema radicular das culturas é indispensável, permitindo não somente a determinação da lâmina necessária de irrigação, mas também a distribuição dos fertilizantes em locais adequados, de forma que se possam reduzir as perdas e aumentar a eficiência de uso pelas plantas.

A distribuição do sistema radicular depende de muitos fatores relativos ao solo que o circunda, como a resistência mecânica, a umidade, a aeração e a fertilidade do solo. Para fins de irrigação, a profundidade efetiva das raízes é um dos parâmetros básicos para projetos e manejo da água na cultura.

Segundo Ferreira (2004), o estudo do sistema radicular das culturas é importante para a definição das profundidades para instalação de sensores de umidade do solo, além de contribuir para o adequado monitoramento de água de irrigação e nutrientes na cultura. Essas práticas vão melhorar as técnicas de manejo, abrir novas perspectivas de estudos mais complexos e precisos das interações raiz-solo e da influência de diferentes práticas culturais em condições de campo.

Boni et al. (2008) avaliaram a disposição, no perfil do solo, das raízes de plantas de cajueiro-anão, com 10 anos de idade, plantadas em espaçamento de 7 m x 7 m, irrigadas por microaspersão, em Neossolo Quartzarênico, textura arenosa. A análise realizada conforme a profundidade e a distância lateral, a partir do caule (Figura 7), mostrou que a maioria das raízes se concentra próxima ao caule. Observou-se que 80% das raízes do cajueiro-anão irrigado estão localizadas em um raio de 1 m do tronco e até a profundidade de 60 cm, a qual pode ser utilizada como referência para a instalação de sensores de umidade do solo.

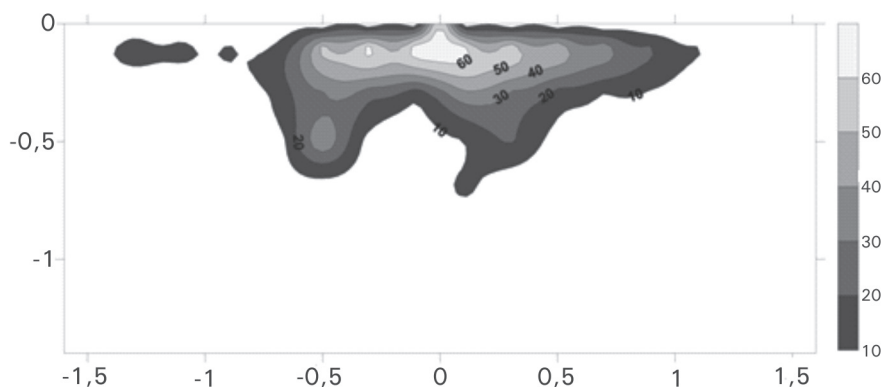


Figura 7. Distribuição das raízes (m) do clone de cajueiro-anão CCP 9 aos 10 anos de idade, em cultivo irrigado.

O tensiômetro é considerado um dos sensores mais econômicos e mais utilizados para o monitoramento da força com que a água é retida pelo solo (tensão da água no solo). É um instrumento simples e preciso, constituído basicamente de uma cápsula de cerâmica ou porcelana porosa, conectada por um tubo plástico a um medidor de vácuo, que pode ser um vacuômetro ou um manômetro de mercúrio (Figura 8).

Embora o tensiômetro seja um instrumento simples, muitas frustrações têm ocorrido por causa da ausência do teste e de sua preparação, antes e durante sua instalação, bem como da sua manutenção. O uso de

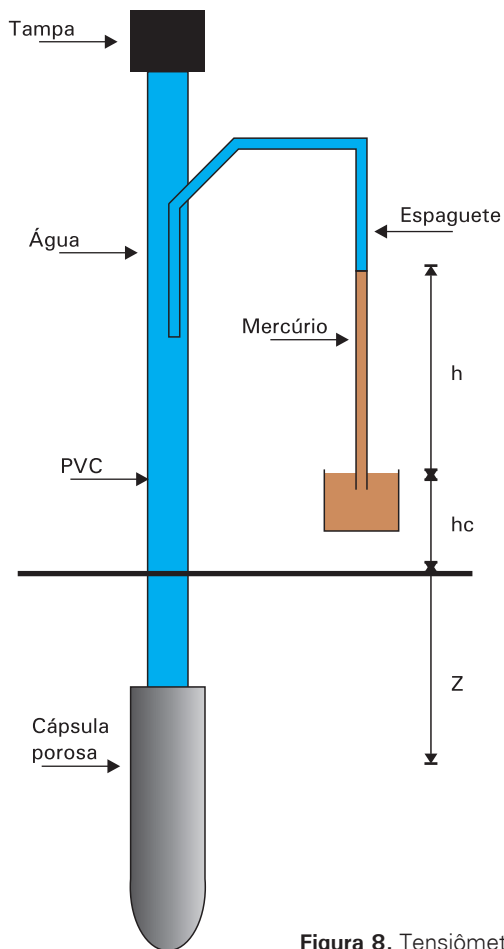


Figura 8. Tensiômetro de mercúrio.

água desaerada é imperativo. Água que não foi desaerada possui gases dissolvidos, os quais deixarão a solução quando a água no interior do tensiômetro for submetida a uma pressão menor que a atmosférica. Água desaerada pode ser obtida por meio de fervura e resfriamento.

Em cultivos de cajueiro-anão, os tensiômetros devem ser instalados em pelo menos duas profundidades a fim de se monitorar a umidade no perfil do solo explorado pelas raízes das plantas. O primeiro

tensiômetro deve ser instalado na região com maior concentração de raízes absorventes, e o segundo, logo abaixo da profundidade efetiva do sistema radicular. Dessa forma, pode-se recomendar a instalação de sensores a 15 cm para monitoramento da camada de 0 cm a 30 cm e a 45 cm para 30 cm a 60 cm do perfil.

Para cada área homogênea no que se refere ao solo e à fase da cultura, devem ser instaladas pelo menos duas baterias de tensiômetros. Devem-se evitar manchas de solo de textura ou fertilidade diferentes do resto do campo ou locais onde a vazão dos emissores é muito maior ou menor que a média.

As leituras dos tensiômetros devem ser realizadas preferencialmente pela manhã. No caso do cajueiro cultivado em solo arenoso, a tensão da água do solo entre as irrigações deve variar entre -8 kPa e -25 kPa. Para solos argilosos, a faixa ideal é entre -25 kPa e -50 kPa. Leituras mais baixas que os valores mínimos citados indicam que a irrigação está excessiva. Leituras além das faixas indicadas indicam que o solo está mais seco que o desejável. Nesse caso, a quantidade de água deve ser aumentada e/ou o turno de rega reduzido.

Controle da irrigação com o uso de tensiômetros

Para tensiômetros de mercúrio, o cálculo da tensão da água no solo (T) é feito de acordo com a seguinte equação:

$$T = 12,6 \times h - hc - z$$

em que:

h = altura da coluna de mercúrio no tensiômetro, feita a partir da superfície de mercúrio na cuba (cm).

hc = distância do nível de mercúrio na cuba à superfície do solo, no momento da leitura (cm).

z = profundidade de instalação da cápsula do tensiômetro (cm).

Com os valores de tensão obtidos das leituras dos tensiômetros, determina-se, por meio de uma curva de tensão de umidade no solo, como ilustrado pela Figura 9, o conteúdo de água do solo (q , $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$).

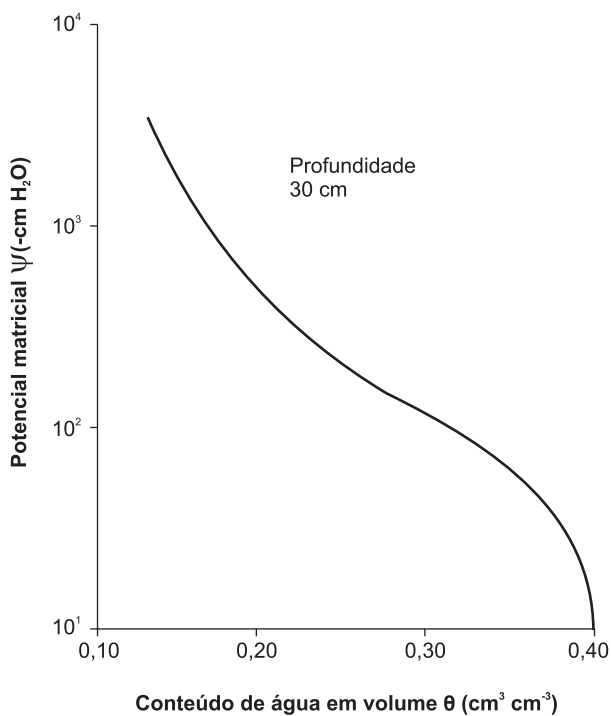


Figura 9. Exemplo de uma curva de tensão vs. conteúdo de água por volume de solo.

Para calcular a lâmina de água líquida a ser aplicada na irrigação, usa-se a seguinte expressão:

$$L.L. = (\theta_{c.c.} - \theta_{u.c.}) \times z$$

em que:

$L.L.$ = lâmina líquida (mm).

$\theta_{c.c.}$ = conteúdo de umidade na capacidade de campo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$).

$\theta_{u.c}$ = conteúdo da umidade crítica ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$).

z = profundidade do solo que se deseja irrigar (mm).

O conteúdo de umidade na capacidade de campo é obtido pela curva. Como a camada superficial do solo atinge mais rapidamente a tensão crítica, devem-se calcular as necessidades hídricas por camada de solo. Para a camada de 30 cm a 60 cm de profundidade, no lugar do conteúdo de umidade crítica ($\theta_{u.c}$), utiliza-se o conteúdo de umidade atual ($\theta_{U.A.}$) no momento da irrigação ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$).

Exemplo:

Supondo que pela curva de umidade do solo:

Faixa de 0 cm a 30 cm

Tensiômetro instalado a 15 cm: $\theta_{c.c.} = 0,12 \text{ cm}^3 \text{cm}^{-3}$

$$\theta_{u.c.} = 0,08 \text{ cm}^3 \text{cm}^{-3}$$

Faixa de 30 cm a 60 cm

Tensiômetro instalado a 45 cm: $\theta_{c.c.} = 0,16 \text{ cm}^3 \text{cm}^{-3}$

$$\theta_{U.A.} = 0,10 \text{ cm}^3 \text{cm}^{-3}$$

Quando a faixa de solo mais superficial atingir a tensão de umidade crítica (-50 kPa) para cajueiro, conforme Saunders et al. (1995), calcula-se a lâmina líquida para a camada de solo de 0 cm a 30 cm ($L.L_1$).

$$L.L_1 (0 \text{ cm} - 30 \text{ cm}) = (0,12 - 0,08) \times 300 \text{ mm} = 12,0 \text{ mm}$$

Para a faixa de solo da camada inferior (30 cm a 60 cm), calcula-se a lâmina líquida pela umidade do momento da leitura (chamada umidade atual).

$$L.L_{2(30 \text{ cm} - 60 \text{ cm})} : (0,16 - 0,10) \times 300 \text{ mm} = 18 \text{ mm}$$

A soma das duas lâminas calculadas fornece a lâmina líquida total

($L.L_{total}$)

$$L.L_{total} = L.L_{(0 \text{ cm} - 30 \text{ cm})} + L.L_{(30 \text{ cm} - 60 \text{ cm})} = 12,0 + 18,0 \text{ mm} = 30,0 \text{ mm}$$

Convém atentar que, na camada mais profunda, a umidade atual é utilizada em vez da umidade crítica, considerando-se que, na faixa de solo mais profunda, de uma maneira geral, a umidade crítica não é atingida. Sendo assim, apenas se repõe a quantidade de água necessária para manter a faixa de solo na capacidade de campo.

Por fim, cabe mencionar que uma irrigação monitorada por tensiômetro é mais indicada para áreas de solo homogêneo e necessita de acompanhamento sistemático das leituras no instrumento.

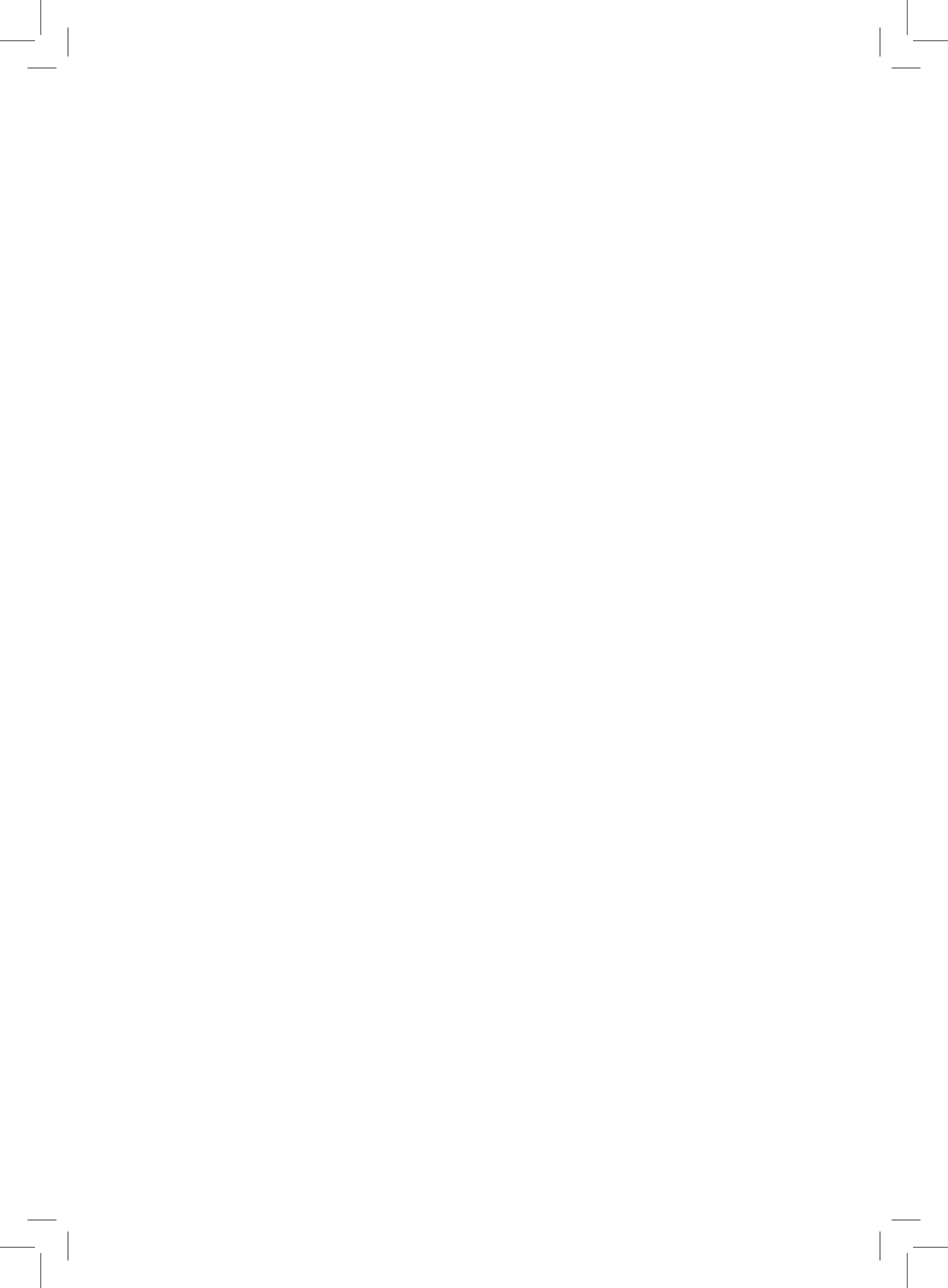
Referências

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration**. Rome: FAO, 1998. 299 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).
- BLAIKIE, S. J.; CHACKO, E. K.; LU, P.; MÜLLER, W. J. Productivity and water relations of field-grown cashew: a comparison of sprinkler and drip irrigation. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 41, n. 5, p. 663-673. 2001.
- BONI, G. H.; COSTA, C. A. G.; GONDIM, R. S.; MONTENEGRO, A. A. T.; OLIVEIRA, V. H. Distribuição do sistema radicular do cajueiro-anão precoce (clone CCP-09) em cultivo irrigado e sequeiro. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 39, n. 1, p. 01-06, 2008.
- CABRAL, R. C. **Evapotranspiração de referência de Hargreaves (1974) corrigida pelo método de Penman-Monteith/FAO (1991) para o Estado do Ceará**. 2000. 83 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem)–Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- CARNEIRO, P. T.; CAVALCANTI, M. L. F.; BRITO, M. E.; GOMES, A. H. S.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R. Sensibilidade do cajueiro anão precoce ao estresse salino na pré-floração. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 2, n. 2, p. 150-155, 2007.
- FERREIRA, M. N. L. **Distribuição radicular e consumo de água de goiabeira (Psidium guajava L) irrigada por microaspersão em Petrolina-PE**. 2004. 106 f. Tese (Doutorado em Irrigação)–Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- MIRANDA, F. R. **Irrigacaju: planilha eletrônica para o manejo da irrigação na produção integrada de caju**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2005. 8 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Circular Técnica, 23).
- OLIVEIRA, V. H. **Cultivo do cajueiro anão precoce**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 42p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Sistemas de Produção, 1).
- OLIVEIRA, V. H.; CRISÓSTOMO, L. A.; MIRANDA, F. R.; ALMEIDA, J. H. S. **Produtividade de clones comerciais de cajueiro anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.) irrigados no município de Mossoró-RN**. Fortaleza: Embrapa-CNPAT, 1998. 6 p. (Embrapa-CNPAT. Comunicado Técnico, 14).

OLIVEIRA, V. H., MIRANDA, F. R., LIMA, R. N., CAVALCANTE, R. R. R. Effect of irrigation frequency on cashew nut yield in Northeast Brazil. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 108, n. 4, p. 403-407, 2006.

PESSOA, P. F. A. P.; V. H., OLIVEIRA; F. J. S. SANTOS; SEMRAU, L. A. S. Análise da viabilidade econômica do cultivo do cajueiro irrigado e sob sequeiro. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 31, n. 2, p. 178-187, 2000.

SAUNDERS, L. C. U.; OLIVEIRA, V. H.; PARENTE, J. I. G. P. **Irrigação em cajueiro anão precoce**. Fortaleza: Embrapa-CNPAT, 1995. 28 p. (Embrapa-CNPAT. Documentos, 16).



Impressão e acabamento
Embrapa Informação Tecnológica

O papel utilizado nesta publicação foi produzido conforme a certificação do Bureau Veritas Quality International (BVQI) de Manejo Florestal.