



Efeito da Irrigação com Déficit Sustentado e Secagem Parcial do Sistema Radicular em Coqueiro-anão



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

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
231**

**Efeito da Irrigação com Déficit
Sustentado e Secagem Parcial do
Sistema Radicular em Coqueiro-anão**

Clinton Gonçalves Moreira
Janilson Barbosa da Silva
Fábio Rodrigues de Miranda
Marlos Alves Bezerra
José Ednilson de Oliveira Cabral
Abel Bruno da Silva Rocha
Victor Beviláqua Guimarães

***Embrapa Agroindústria Tropical
Fortaleza, CE
2022***

Unidade responsável pelo conteúdo e edição:

Embrapa Agroindústria Tropical
Rua Dra. Sara Mesquita 2270, Pici
CEP 60511-110 Fortaleza, CE
Fone: (85) 3391-7100
Fax: (85) 3391-7109
www.embrapa.br/agroindustria-tropical
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Agroindústria Tropical

Presidente
Antônio Genésio Vasconcelos Neto

Secretária-executiva
Celli Rodrigues Muniz

Secretária-administrativa
Eveline de Castro Menezes

Membros
Afrânio Arley Teles Montenegro, Ana Cristina Portugal Pinto de Carvalho, Christiana de Fátima Bruce da Silva, Francisco Nelsieudes Sombra Oliveira, José Roberto Vieira Júnior, Laura Maria Bruno, Roselayne Ferro Furtado, Sandra Maria Moraes Rodrigues

Revisão de texto
José Cesamildo Cruz Magalhães

Normalização bibliográfica
Rita de Cassia Costa Cid

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
José Cesamildo Cruz Magalhães

Fotos da capa
Fábio Rodrigues de Miranda

1ª edição
Publicação digital (2022): PDF

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 Agroindústria Tropical

Efeito da irrigação com déficit sustentado e secagem parcial do sistema radicular em coqueiro-anão / Fábio Rodrigues de Miranda... [et al.]. – Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2022.

27 p. : il. ; 16 cm x 22 cm – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Agroindústria Tropical, ISSN 1679-6543; 231).

Publicação disponibilizada on-line no formato PDF.

1. *Cocos nucifera*. 2. Irrigação deficitária. 3. Produtividade da água de irrigação. I. Moreira, Clinton Gonçalves. II. Silva, Janilson Barbosa da. III. Miranda, Fábio Rodrigues de. IV. Bezerra, Marlos Alves. V. Cabral, José Ednilson de Oliveira. VI. Rocha, Abel Bruno da Silva. VII. Guimarães, Victor Beviláqua. VIII. Série.

CDD 634.61

Sumário

Resumo.....4

Abstract.....6

Introdução.....7

Material e Métodos.....9

Resultados e Discussão.....14

Conclusões.....24

Referências.....24

Efeito da Irrigação com Déficit Sustentado e Secagem Parcial do Sistema Radicular em Coqueiro-anão

Clinton Gonçalves Moreira¹

Janílson Barbosa da Silva²

Fábio Rodrigues de Miranda³

Marlos Alves Bezerra⁴

José Ednilson de Oliveira Cabral⁵

Abel Bruno da Silva Rocha⁶

Victor Beviláqua Guimarães⁷

Resumo - O estudo objetivou determinar a produtividade, os custos, as receitas e a produtividade da água de irrigação (PAI) do coqueiro-anão irrigado por gotejamento e microaspersão, sob diferentes níveis de irrigação deficitária e secagem parcial do sistema radicular (PRD). Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados, com parcelas subdivididas. Nas parcelas, foram avaliados os níveis de irrigação (100%, 75% e 50% da ETc e 50% ETc com PRD). Nas subparcelas, foram avaliados os sistemas de irrigação por microaspersão e gotejamento. Foram avaliadas mensalmente as produtividades de cachos, de frutos e água de coco, o volume de água por fruto e o teor de sólidos solúveis da água de coco (SST). A PAI foi calculada em termos da produtividade de frutos e de água de coco por m³ de água utilizada na irrigação. A irrigação deficitária aumenta o SST e a PAI. A irrigação deficitária não se mostrou

¹ Engenheiro-agrônomo, Paraipaba Agroindustrial, Paraipaba, CE

² Engenheiro-agrônomo, M.Sc. em Engenharia Agrícola, Fortaleza, CE

³ Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Engenharia de Biosistemas, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

⁴ Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Fisiologia Vegetal, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

⁵ Administrador de Empresas, Ph.D. em Economia, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

⁶ Engenheiro-agrônomo, Forteagro Produtos Agropecuários, Guaraciaba do Norte, CE

⁷ Engenheiro-agrônomo, bolsista da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

vantajosa agronomicamente e economicamente para o coqueiro em relação à irrigação plena (100% ETc). A irrigação por gotejamento mostra-se mais vantajosa para o coqueiro em relação à microaspersão, tanto sob irrigação plena quanto deficitária. A PRD não é vantajosa para o coqueiro-anão em virtude de maiores custos e dificuldades de manejo em relação ao sistema convencional.

Termos para indexação: *Cocos nucifera* L., irrigação deficitária, produtividade da água de irrigação.

Effect of Sustained Deficit Irrigation and Partial Root-zone Drying in Dwarf Coconut Trees

Abstract - The study aimed to determine the yield, costs and income and the irrigation water productivity of (IWP) of the dwarf coconut tree irrigated by drip and microsprinkler, under different levels of deficit irrigation and partial root-zone drying (PRD). A randomized block design with split plots was used. Irrigation levels (100%, 75% and 50% of ET_c and 50% ET_c with PRD) were evaluated in the plots. In the subplots, the microsprinkler and drip irrigation systems were evaluated. The yields of bunches, fruits and coconut water, the volume of water per fruit and the soluble solids content of coconut water (SST) were evaluated monthly. PAI was calculated in terms of yields of fruits and coconut water per m³ of water used in irrigation. Deficit irrigation increases SST and PAI. Deficit irrigation did not prove to be agronomically and economically advantageous for coconut, compared to full irrigation (100% ET_c). Drip irrigation is more advantageous for coconuts than microsprinkling, both under full and deficit irrigation. The PRD is not advantageous for the dwarf coconut, due to the higher costs and management difficulties compared to the conventional system.

Index terms: *Cocos nucifera* L., deficit irrigation, irrigation water productivity.

Introdução

O coqueiro é considerado uma cultura com alto consumo de água na fase de produção. Diferentemente de outras culturas frutícolas perenes, o coqueiro apresenta emissão floral e produção contínua, sem períodos de repouso vegetativo após as colheitas, o que faz com que a demanda hídrica da cultura seja condicionada, ao longo do ano, apenas pelas condições ambientais (Passos et al., 2018). Nas condições climáticas do Ceará, o coqueiro-anão irrigado inicia a fase de florescimento e desenvolvimento dos frutos por volta de 23 meses após o transplântio das mudas para o campo e a partir daí permanece nesse estágio fisiológico durante toda sua vida produtiva (Miranda et al., 2007).

Embora a irrigação por microaspersão seja a mais utilizada nos plantios de coqueiro-anão irrigado no Brasil, a irrigação por gotejamento, em virtude de sua alta uniformidade de aplicação e menores perdas de água por evaporação em relação à microaspersão, tem potencial para melhorar os índices de eficiência de uso da água na irrigação do coqueiro (Nogueira et al., 2018).

A irrigação plena, em que a evapotranspiração da cultura é totalmente repostada por meio da irrigação, geralmente é usada em áreas sem limitações de recursos hídricos, visando atingir o rendimento máximo da cultura. Entretanto, em muitas culturas, a irrigação pode ser reduzida com pouco ou nenhum efeito sobre a produtividade. Considerando-se que a agricultura irrigada ocorrerá cada vez mais sob a escassez de água, a gestão da irrigação mudará da ênfase na produção por unidade de área (produtividade física) para a maximização da produtividade da água, ou seja, da produção por unidade de água consumida. Nesse sentido, a irrigação com déficit, definida como a aplicação de água abaixo da necessidade de água da cultura (evapotranspiração), é uma ferramenta importante que tem sido usada para reduzir o uso de água na irrigação de diversas culturas anuais e perenes (Feres; Soriano, 2007).

Por sua vez, a técnica da secagem parcial do sistema radicular (PRD) é uma forma modificada de irrigação com déficit, em que um lado das raízes da planta é irrigado e ao mesmo tempo o outro lado é exposto à seca. Para

evitar a secagem excessiva das raízes, os lados úmido/seco são alternados em períodos de tempo pré-estabelecidos (Jovanovic; Stikic, 2018).

Em plantas submetidas à PRD, as raízes em solo seco induzem a produção do ácido abscísico (ABA), hormônio vegetal produzido nas raízes, reduzindo a expansão foliar e a condutância estomática. Simultaneamente, as raízes em solo úmido absorvem água suficiente para manter um bom potencial hídrico na parte aérea (Zegbe et al., 2006; Liu et al., 2006). Esse mecanismo permite um bom desenvolvimento vegetal e aumenta a eficiência de uso da água (Sepaskhah; Ahmadi et al., 2010). Segundo Liu et al. (2008), o momento de alternar o lado irrigado da planta deve ser baseado no limite do teor de água do solo no qual ocorre a concentração máxima de ABA no xilema.

Diversos estudos têm mostrado que a PRD pode reduzir os volumes de água aplicados e aumentar a produtividade da água na irrigação de várias frutíferas perenes, tais como maçã (Zegbe; Behboudian, 2008), laranja (Consoli et al., 2017) e videira (Kang; Zhang, 2004), em relação à irrigação plena. Contudo, até o momento, não há relatos do uso da PRD na irrigação do coqueiro.

Sabe-se que para o coqueiro, quando a taxa de transpiração excede a taxa de absorção de água pelas raízes, altas taxas de transpiração ainda podem ser mantidas por algum tempo, retirando água dos tecidos de armazenamento do tronco, que pode funcionar como um capacitor de água (Madurapperuma et al., 2009). No entanto, tanto a irrigação com déficit hídrico sustentado quanto a PRD apresentaram bons resultados em outras espécies frutíferas arbóreas, como a mangueira, em que isso também acontece (Santos et al., 2015).

O presente estudo teve como objetivo avaliar o desempenho produtivo, os custos da irrigação, as receitas e a produtividade da água de irrigação do coqueiro-anão-verde irrigado por gotejamento e por microaspersão, sob diferentes níveis de irrigação com déficit e sob secagem parcial do sistema radicular, visando aumentar a eficiência do uso da água na irrigação da cultura.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Campo Experimental do Curu, da Embrapa Agroindústria Tropical, em Paraipaba, CE (Latitude 3° 29' Sul, Longitude 39° 09' Oeste e altitude de 30 m). O solo do local é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, possuindo uma textura média a arenosa na camada superficial (Araújo et al., 2021). As características químicas e granulométricas do solo da área experimental são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas e granulométricas do solo da área experimental.

Profundi- -dade (m)	pH água	P	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ⁺³	V	MO	Areia	Silte	Argila
		(mg dm ⁻³)	(mmol _c dm ⁻³)			(%)		(g kg ⁻¹)			
0,0 – 0,2	5,9	49,0	15,1	9,8	4,0	0	79	4,3	806	151	43
0,2 – 0,4	5,5	38,8	9,2	6,9	3,2	0	71	3,9	911	32	57

Fonte: Laboratório de Solo e Água da Embrapa Agroindústria Tropical.

O clima do local é tropical chuvoso, tipo Aw, de acordo com a classificação de Köppen, com precipitação média anual de cerca de 1.200 mm ano⁻¹ concentrada no primeiro semestre, com pouca variação nas temperaturas máximas e mínimas ao longo do ano (Tabela 2).

O pomar foi plantado em novembro de 2016, no espaçamento de 8 m x 8 m, utilizando-se mudas de coqueiro (*Cocos nucifera* L.) var. anão-verde, com duas folhas definitivas, produzidas em canteiros. As covas de plantio foram adubadas com 800 g de superfosfato simples e 100 g de FTE BR-12, cerca de 30 dias antes do transplântio das mudas para o campo. Após o transplântio para o campo, as plantas foram adubadas semanalmente, via fertirrigação, com as quantidades anuais de fertilizantes apresentadas na Tabela 3.

Tabela 2. Médias mensais de temperatura máxima e mínima, umidade relativa do ar, radiação solar, velocidade do vento, precipitação e evapotranspiração de referência (ET₀). Paraipaba, Ceará, 2019-2020.

Mês	Temperatura		Umidade relativa (%)	Radiação solar (MJ m ⁻² d ⁻¹)	Veloc. do vento (Km d ⁻¹)	Precipitação (mm)	ET ₀ (mm)
	Máx. (°C)	Mín. (°C)					
Jan/19	31,2	22,8	85,8	15,5	99,6	125,3	105,4
Fev/19	30,6	23,1	89,3	15,4	62,2	445,9	92,4
Mar/19	30,0	22,7	90,8	15,0	45,5	501,9	96,1
Abr/19	29,8	23,0	91,7	13,5	33,5	377,8	87,0
Mai/19	30,6	22,9	89,2	15,9	64,1	209,9	102,3
Jun/19	30,6	22,1	85,6	18,8	96,5	132,5	111,0
Jul/19	30,8	21,6	83,4	18,0	131,8	24,9	114,7
Ago/19	31,8	21,6	78,2	21,4	184,5	1,7	142,6
Set/19	32,1	22,9	77,3	23,1	219,8	1,0	153,0
Out/19	32,4	22,8	76,5	22,8	218,6	0,0	158,1
Nov/19	33,0	23,3	77,4	23,4	212,5	0,0	156,0
Dez/19	32,8	23,7	78,9	20,0	185,4	37,7	142,6
Jan/20	31,0	23,5	86,4	17,5	91,5	202,6	114,7
Fev/20	30,3	23,2	90,3	15,8	49,8	296,9	92,4
Mar/20	30,5	23,0	90,5	16,4	43,0	188,4	105,4
Abr/20	29,7	23,1	91,7	13,5	33,5	258,5	84,0
Mai/20	30,8	22,9	88,9	16,3	66,7	117,1	102,3
Jun/20	30,5	22,2	83,8	17,4	81,5	73,2	105,0
Jul/20	31,3	20,9	77,2	19,8	99,4	50,6	124,0
Ago/20	32,4	21,1	74,4	22,5	159,5	0,0	148,8
Set/20	32,3	22,4	74,9	23,2	202,8	0,0	156,0
Out/20	32,9	22,3	77,8	24,4	185,3	4,0	164,3
Nov/20	32,8	23,5	78,7	22,7	187,7	17,5	150,0
Dez/20	32,9	23,3	78,1	22,5	189,7	8,7	155,0

ET₀: Evapotranspiração de referência. Valores calculados pelo método FAO-Penman-Monteith a partir de dados meteorológicos coletados na área experimental.

Tabela 3. Doses de fertilizantes (kg ha^{-1}) aplicados via fertirrigação nas plantas de coqueiro-anão-verde. Paraipaba, CE, 2016-2020.

Ano	Ureia (45% N)	Cloreto potássio (60% K_2O)	MAP (10% N; 50% P_2O_5)	Nitrato de cálcio (15% N; 19% Ca)	Sulfato de magnésio (10% Mg; 13% S)	Sulfato de cobre (25% Cu; 12% S)	Sulfato de zinco (20% Zn; 10% S)	Bórax (10% B)
Doses de fertilizantes (kg ha^{-1})								
2016	31	31	0	0	0	0	0	0
2017	187	194	31	0	0	0	0	0
2018	210	253	59	51	24	16	0	0
2019	365	365	63	51	24	24	12	3
2020	406	449	76	63	32	13	13	9

MAP: fosfato monoamônico.

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso com parcelas subdivididas. Nas parcelas, foram dispostos quatro tratamentos de irrigação (com e sem déficit hídrico) e nas subparcelas dois sistemas de irrigação (microaspersão e gotejamento). Cada subparcela foi composta por oito plantas e todas elas foram avaliadas.

Os tratamentos das parcelas consistiram da aplicação de diferentes lâminas de irrigação da seguinte forma: T1 - irrigação sem déficit, aplicando-se 100% da evapotranspiração da cultura (ETc); T2 - irrigação deficitária, aplicando-se 75% da ETc ; T3 - irrigação deficitária, aplicando-se 50% da ETc ; e T4 - irrigação deficitária, aplicando-se 50% da ETc e secagem parcial do sistema radicular (PRD), em que o lado da planta irrigado era alternado a cada sete dias.

Do transplântio até setembro/2018, todas as plantas foram irrigadas com a mesma lâmina de irrigação, sendo feita a reposição de 100% da ETc . A partir de outubro de 2018, quando 80% das plantas apresentavam inflorescências abertas, até dezembro de 2020, as lâminas de irrigação foram aplicadas conforme os tratamentos descritos acima. As irrigações foram realizadas diariamente, sempre que a precipitação acumulada nos sete dias anteriores

foi inferior a 15 mm e foram paralisadas sempre que ocorreu uma precipitação diária maior do que 10 mm.

As lâminas de irrigação dos tratamentos foram ajustadas semanalmente, de acordo com a estimativa da evapotranspiração da cultura ($ET_c = ET_0 \cdot K_c \cdot K_r$). A evapotranspiração de referência (ET_0) foi calculada de acordo com o método FAO-Penman-Monteith (Allen et al., 1998), utilizando-se dados meteorológicos obtidos em uma estação meteorológica localizada próxima ao experimento. Foram utilizados valores de coeficiente de cultura (K_c) segundo Miranda et al. (2007) ($K_c = 1,0$ para o coqueiro-anão adulto), e o coeficiente de redução (K_r) foi calculado de acordo com Keller; Bliesner (1990) ($K_r = \sqrt{CS \cdot 0,1}$). A porcentagem de cobertura do solo (CS) foi calculada a cada 30 dias, a partir do diâmetro médio das copas dos coqueiros, medido em 15 plantas aleatoriamente, utilizando uma trena, de uma ponta a outra das folhas mais abertas dos coqueiros.

Na irrigação por microaspersão, foi utilizado um emissor por planta, com vazão de 35 L h^{-1} e diâmetro molhado de 4,5 m, posicionado a 0,5 m da estipe do coqueiro. No tratamento T4, foram utilizados dois emissores por planta, com vazão de 20 L h^{-1} , cada um posicionado a 0,1 m do estipe, em lados opostos. Na irrigação por gotejamento, foram utilizados tubos gotejadores, com emissores espaçados de 0,5 m, vazão de 2 L h^{-1} por gotejador e total de 18 emissores por planta (comprimento de 9 m). Os tubos gotejadores foram dispostos ao redor dos estipes dos coqueiros, formando um círculo com raio de 1,4 m. No tratamento T4, foram utilizados dois tubos gotejadores com 4,5 m de comprimento e nove gotejadores cada por planta, formando semicírculos com 1,4 m de raio, um de cada lado do estipe de cada coqueiro. A cada sete dias, alternava-se o lado da copa irrigado nas plantas do T4, utilizando-se válvulas manuais para abrir e fechar as linhas laterais.

Os volumes de água aplicados em cada tratamento foram medidos em dois pontos do sistema de irrigação. A primeira medição era feita automaticamente no cabeçal de controle do sistema de irrigação por um medidor de vazão (modelo MS-1½", Arad Ltda) conectado ao controlador de irrigação, que mediu os volumes de água entregues em todas as parcelas de cada tratamento. A segunda medição foi realizada com hidrômetros (FAE Alfa MNF ¾") instalados em uma lateral de cada tratamento, cujas leituras foram realizadas diariamente.

Os frutos do coco verde foram colhidos a cada 30 dias, durante 24 meses, de janeiro de 2019 a dezembro de 2020. Os frutos foram colhidos entre seis e sete meses após a abertura das inflorescências, quando apresentam os melhores atributos físicos para o processamento da água de coco na região Nordeste do Brasil, segundo Maciel et al. (2009). Em cada colheita, foi avaliado o número de cachos e de frutos por planta e, em um fruto representativo de cada planta, foi medido o volume de água de coco por fruto, utilizando-se uma proveta graduada em mililitros; avaliou-se também o teor de sólidos solúveis totais da água de coco, medido com um refratômetro digital (PAL-1, Atago Brasil Ltda). A produção de água de coco por planta foi estimada multiplicando-se o número de frutos colhidos por planta pelo respectivo volume de água por fruto em cada colheita.

A produtividade da água de irrigação (PAI_r) foi calculada dividindo-se a produção de frutos por planta ano de cada tratamento pelo respectivo volume de água de irrigação aplicado ($m^3 \text{ planta}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). A produtividade da água de irrigação, em termos de água de coco (PAI_{ac}), foi calculada dividindo-se a produção de água de coco por planta ($L \text{ planta}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) de cada tratamento pelo respectivo volume de água de irrigação aplicado ($m^3 \text{ planta}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

Os dados foram submetidos à análise de variância, seguida do teste de Tukey, quando foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos. O software SAS (SAS Institute, 1994) foi utilizado para a análise estatística.

Com base nas médias de produtividade de cada tratamento e nas respectivas lâminas de irrigação aplicadas (nos dois anos de avaliação), foram calculados os custos com energia elétrica para o bombeamento na irrigação, as receitas brutas obtidas com a comercialização dos frutos de coco verde e as receitas líquidas, considerando-se apenas os custos com energia elétrica para o bombeamento, sem considerar os demais custos de produção, os quais são iguais para todos os tratamentos.

Nos cálculos, foi considerado um sistema de irrigação localizada hipotético para 10 ha de coqueiro-anão (com a mesma densidade de plantas do experimento), que utiliza uma motobomba de 10 CV, com consumo de energia elétrica de $9,44 \text{ kW h}^{-1}$ e uma tarifa de energia elétrica de R\$ 0,17 por kWh (tarifa rural irrigante em novembro/2021, segundo a distribuidora de energia Enel Ceará). O preço de comercialização do coco verde considerado

foi de R\$ 0,60 por fruto, que foi o preço médio obtido pelos produtores da região de Paraipaba, CE durante o ano de 2021.

Resultados e Discussão

No primeiro ano de avaliação (2019) houve diferenças significativas, tanto entre os tratamentos de lâminas de irrigação, quanto entre os sistemas de irrigação para todas as variáveis avaliadas, exceto para sólidos solúveis totais (SST), em que apenas houve diferenças entre as lâminas (Tabela 4). Além disso, houve diferenças significativas para as interações entre lâminas e sistemas para as variáveis produtividade da água de irrigação em termos de frutos (PAI_f) e de água de coco (PAI_{ac}).

Tabela 4. Análise de variância da produção de cachos por planta (CP), frutos por planta (FP), volume de água de coco por fruto (VAF), teor de sólidos solúveis totais (SST), produção de água de coco por planta (PAC), produtividade da água de irrigação em termos de frutos (PAI_f) e produtividade da água de irrigação em termos de água de coco (PAI_{ac}). 2019.

Fonte de variação	G. L.	Q. M.						
		CP	FP	VAF	SST	PAC	PAI_f	PAI_{ac}
Blocos	3	2,84 ^{ns}	81,99 ^{ns}	1144,90 ^{ns}	0,031 ^{ns}	64,27 ^{ns}	0,208 ^{ns}	0,025 ^{ns}
Lâminas (L)	3	5,26*	2337,98**	16038,98**	0,697**	1693,06**	8,718**	1,072**
Resíduo a	9	1,42	169,71	757,49	0,016	48,65	0,269	0,065
(Parcelas)	(15)	2,47	585,82	3891,27	0,155	380,66	1,947	0,259
Sistemas (S)	1	18,00**	3713,25**	3708,06**	0,004 ^{ns}	3254,70**	28,091**	5,858**
Interação LxS	3	1,31 ^{ns}	222,75 ^{ns}	136,67 ^{ns}	0,033 ^{ns}	143,47 ^{ns}	2,439**	0,885**
Resíduo b	12	0,85	216,26	224,05	0,031	118,57	0,259	0,130
Total	31	2,23	534,89	2105,06	0,090	348,96	2,184	0,450
CV (%)		7,55	14,24	5,37	2,32	16,10	16,08	17,43

G. L.: graus de liberdade; Q. M.: quadrado médio; ^{ns} não significativo; * e ** significativo ao nível de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

No segundo ano de avaliação (2020), as lâminas de irrigação afetaram significativamente todas as variáveis avaliadas, com exceção da PAI_{ac} (Tabela 5). Já em relação aos sistemas de irrigação, houve efeito significativo para todas as variáveis, exceto para a produção de frutos (FP) e para a produção de água de coco por planta (PAC). Houve efeito significativo da interação entre lâminas e sistemas para as variáveis SST, PAI_f e PAI_{ac} .

Tabela 5. Análise de variância da produção de cachos por planta (CP), frutos por planta (FP), volume de água de coco por fruto (VAF), teor de sólidos solúveis totais (SST), produção de água de coco por planta (PAC), produtividade da água de irrigação em termos de frutos (PAI_f) e produtividade da água de irrigação em termos de água de coco (PAI_{ac}). 2020.

Fonte de variação	G. L.	Q. M.						
		CP	FP	VAF	SST	PAC	PAI_f	PAI_{ac}
Bloco (B)	3	0,50 ^{ns}	403,95 ^{ns}	210,51 ^{ns}	0,037*	71,44 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,08 ^{ns}
Lâminas (L)	3	1,72*	4791,94**	13916,05**	0,221**	2817,30**	13,24**	0,39 ^{ns}
Resíduo a	9	0,50	360,62	507,27	0,009	98,65	0,88	0,17
(Parcelas)	(15)	0,74	1255,55	3129,67	0,057	636,94	3,31	0,20
Sistemas (S)	1	3,64**	72,60 ^{ns}	2451,75*	0,053*	97,65 ^{ns}	3,48*	1,19**
Interação LxS	3	0,99 ^{ns}	256,70 ^{ns}	558,45 ^{ns}	0,036*	76,62 ^{ns}	3,62*	0,49*
Resíduo b	12	0,38	259,29	272,42	0,009	50,08	0,48	0,07
Total	31	0,72	736,28	1753,06	0,036	338,14	2,25	0,21
CV (%)		3,92	9,09	3,77	1,83	9,65	9,77	9,55

G. L.: graus de liberdade; Q. M.: quadrado médio; ^{ns} não significativo; * e ** significativo ao nível de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

Em 2019, as plantas de coqueiro irrigadas por gotejamento apresentaram desempenho superior às plantas irrigadas por microaspersão em termos do volume de água dos frutos e da produção de cachos, de frutos e de água de coco por planta (Tabela 6).

Tabela 6. Médias de volume de irrigação aplicados por planta (I), produção de cachos por planta (CP), produtividade de frutos (FP), volume médio de água de coco por fruto (VAF), produção de água de coco (PAC) e sólidos solúveis totais da água de coco (SST). Paraipaba, CE, 2019.

Tratamento	I (m ³ planta ⁻¹)	CP (cachos planta ⁻¹)	FP (frutos planta ⁻¹)	VAF (mL fruto ⁻¹)	PAC (L planta ⁻¹)	SST (°Brix)
Lâmina de irrigação						
100% ETc	44,1	18,1 A	167,8 A	530,2 A	86,1 A	5,43 B
75% ETc	30,1	17,9 A	154,5 AB	502,4 B	73,0 B	5,54 B
50% ETc	20,3	16,3 B	128,3 C	440,2 C	53,6 C	5,82 A
50% ETc PRD	21,9	17,2 AB	140,7 BC	443,5 C	59,4 C	5,85 A
Sistema de irrigação						
Gotejamento	25,4	18,1 A	158,6 A	489,6 A	75,1 A	5,65 A
Microaspersão	32,8	16,6 B	137,0 B	468,1 B	60,9 B	5,67 A

ETc: evapotranspiração da cultura; PRD: secagem parcial do sistema radicular. Médias seguidas da mesma letra dentro de cada coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Em geral, os melhores índices de produção do coqueiro em termos de cachos por planta (CP), frutos por planta (FP), volume de água de coco por planta (PAC) e volume de água dos frutos (VAF) foram obtidos com a irrigação plena (100% ETc).

A irrigação com déficit ao nível de 50% da ETc reduziu significativamente a produção de cachos, de frutos, de água de coco e o volume de água dos frutos; e aumentou o teor de sólidos solúveis totais da água de coco, em relação à irrigação plena (100% ETc), indicando que a quantidade de água aplicada foi inferior à necessária para garantir simultaneamente os processos de transpiração, manutenção do crescimento vegetativo e crescimento reprodutivo, especialmente este último, em que a demanda por água e nutrientes é elevada. A irrigação com déficit ao nível de 75% da ETc não diferiu significativamente da irrigação plena com relação à produção de cachos, de frutos e SST da água de coco, mas reduziu o volume de água dos frutos e a produção de água de coco por planta. Uma redução mais branda da água

aplicada foi suficiente para manter a transpiração, o crescimento vegetativo e a produção de frutos; entretanto, a redução da dotação hídrica levou a uma diminuição no tamanho desses frutos (redução da turgescência e/ou do tamanho das células) e consequente menor produção de água.

A aplicação da lâmina de 50% da ET_c com secagem parcial do sistema radicular (50% ET_c PRD) não melhorou significativamente o desempenho produtivo do coqueiro (CP, FP, VAF e PAC) ou o SST da água de coco em relação à aplicação da mesma lâmina da forma convencional.

Analisando-se o desdobramento da interação dos fatores lâmina e sistema de irrigação para as variáveis PAI_f e PAI_{ac} (Tabela 7), nota-se que a irrigação por gotejamento apresentou maiores valores de produtividade da água de irrigação em relação à microaspersão em todos os níveis de irrigação.

Tabela 7. Médias de produtividade da água de irrigação em termos de frutos (PAI_f) e produtividade da água de irrigação em termos de água de coco (PAI_{ac}) de plantas de coqueiro irrigadas com diferentes lâminas de irrigação, com sistemas de irrigação de gotejamento e microaspersão. Paraipaba, CE, 2019.

PAI _f (frutos m ⁻³)					
Sistema	Lâmina de irrigação				
	100% ET _c	75% ET _c	50% ET _c	50% ET _c PRD	Média
Gotejamento	3,69 Ad	4,69 Ac	6,87 Aa	5,78 Ab	5,26
Microaspersão	2,35 Bc	3,31 Bb	3,44 Bb	4,64 Ba	3,44
Média	3,02	4,00	5,15	5,21	4,35
PAI _{ac} (litros m ⁻³)					
Sistema	Lâmina de irrigação				
	100% ET _c	75% ET _c	50% ET _c	50% ET _c PRD	Média
Gotejamento	2,01 Ac	2,42 Ab	3,23 Aa	2,72 Ab	2,60
Microaspersão	1,22 Bc	1,66 Bb	1,54 Bb	2,05 Ba	1,62
Média	1,62	2,04	2,38	2,39	2,11

ET_c: evapotranspiração da cultura; PRD: secagem parcial do sistema radicular. Médias seguidas da mesma letra, maiúscula dentro de cada coluna e minúscula nas linhas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Em geral, a irrigação com déficit aumentou os índices de PAI_f e PAI_{ac} em relação à irrigação plena. Porém, com a irrigação por gotejamento e lâmina de 100% ET_c , foi possível alcançar níveis de PAI_f similares aos obtidos com a irrigação por microaspersão com déficit hídrico (75% e 50% ET_c) ou até superiores em termos de PAI_{ac} .

Em 2020, as diferenças entre os tratamentos de lâminas de irrigação foram mais acentuadas em relação ao ano anterior, sendo observadas reduções significativas nas variáveis FP, VAF e PAC à medida que a lâmina de irrigação foi reduzida de 100% ET_c para 75% ET_c e para 50% ET_c (Tabela 8).

Tabela 8. Médias de volume de irrigação aplicados por planta (I), produção de cachos por planta (CP), produtividade de frutos (FP), volume médio de água de coco por fruto (VAF) e produção de água de coco (PAC). Paraipaba, CE, 2020.

Tratamento	I (m ³ planta ⁻¹)	CP (cachos planta ⁻¹)	FP (frutos planta ⁻¹)	VAF (mL fruto ⁻¹)	PAC (L planta ⁻¹)
Lâmina de irrigação					
100% ET_c	37,23	19,1 A	209,0 A	488,3 A	97,1 A
75% ET_c	29,43	18,9 AB	186,3 B	454,1 B	79,5 B
50% ET_c	19,75	18,1 C	156,8 C	398,3 C	56,5 C
50% ET_c PRD	19,40	18,3 BC	159,6 C	414,0 C	60,6 C
Sistema de irrigação					
Gotejamento	25,34	18,9 A	179,3 A	446,8 A	75,0 A
Microaspersão	27,56	18,3 B	176,6 A	430,6 B	71,8 A

ET_c : evapotranspiração da cultura; PRD: secagem parcial do sistema radicular. Médias seguidas da mesma letra dentro de cada coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Da mesma forma que observado em 2019, não houve diferenças significativas entre os tratamentos 50% ET_c e 50% ET_c PRD, mostrando que o uso da técnica de irrigação com secagem parcial do sistema radicular não tem efeito no coqueiro. Essa não diferenciação pode ser decorrente do fato do

coqueiro estocar água no tronco, que, embora inexpressivo em termos do total diário movimentado pela planta, tem grande importância momentaneamente, atenuando flutuações do potencial hídrico (Borchert, 1994). Assim, pode ter havido redistribuição da água para as raízes sem irrigação (não havendo produção de ABA e consequente fechamento estomático); ou, ainda, a produção de ABA nessas raízes pode ter sido transportada para as folhas e armazenada nos cloroplastos na forma protonada, em decorrência da não modificação do pH das células foliares pelo efeito tamponante da água translocada do caule, não impactando no funcionamento dos estômatos.

As plantas de coqueiro-anão irrigadas com 75% da ETc apresentaram reduções da produção de frutos e de água de coco por planta de 11% e 18%, respectivamente, em relação à irrigação plena. Já nas plantas irrigadas com 50% da ETc, foram observadas reduções de 25% e 42%, respectivamente, na produção de frutos e de água de coco, em relação às plantas irrigadas com 100% da ETc.

Embora no presente estudo os volumes de irrigação aplicados não foram fixos em virtude da variação da evapotranspiração da cultura (ETc) e foram mais altos (variando de 150 a 250 L/planta.dia no tratamento T1, 115 a 185 L/planta.dia no T2, e 75 a 125 L/planta.dia nos tratamentos T3 e T4) do que o utilizado na região de Neópolis, SE, os resultados corroboram os obtidos por Cintra et al. (2009), que observaram que as produtividades de frutos e de água de coco do coqueiro-anão-verde foram reduzidas em cerca de 15% e 20%, respectivamente, quando o volume de irrigação diário foi reduzido de 150 L por planta dia para 100 L por planta dia. Quando o volume de irrigação foi reduzido para 50 L por planta dia, foram observadas reduções de 20% e 27% nas produtividades de frutos e de água de coco, respectivamente.

Isso mostra que o coqueiro-anão é sensível à irrigação com déficit, que deve ser usada com bastante critério e limitada a situações de escassez hídrica na propriedade. Essa sensibilidade ao déficit de irrigação muito provavelmente se deve ao fato do coqueiro permanecer na fase fisiológica de florescimento e desenvolvimento dos frutos ao longo de todo o ano, sendo essa a fase em que a planta é mais sensível ao estresse hídrico (Allen et al., 1998).

Embora o estipe do coqueiro possa funcionar como um capacitor de água (Madurapperuma et al., 2009), mantendo a taxa de transpiração por

algum tempo em condições de déficit hídrico, os impactos da restrição hídrica observados no presente estudo sobre o volume de água dos frutos e a produção de água de coco parecem indicar que a capacidade de armazenamento de água no estipe não foi suficiente para prover a quantidade de água demandada. Segundo Roupsard et al. (2006), o volume de água transpirada por plantas de coqueiro em dias quentes pode chegar a mais de 160 litros por planta dia. Ou seja, somente a quantidade de água armazenada no estipe do coqueiro não seria suficiente para manter a taxa de transpiração por vários dias sob condições de déficit hídrico no solo. Além disso, em condições de déficit hídrico contínuo, as plantas ajustam sua homeostase hídrica para o novo menor potencial hídrico, reduzindo ainda mais a capacidade de armazenamento.

Os dados revelaram que as plantas de coqueiro irrigadas por gotejamento apresentaram desempenho superior às plantas irrigadas por microaspersão em termos do volume de água dos frutos e da produção de cachos por planta, mesmo com a aplicação de um volume de irrigação mais baixo no gotejamento.

Em geral, a irrigação com déficit aumentou os valores de SST, PAI_f e PAI_{ac} (Tabela 9). Os valores máximos de PAI_f (9,29 frutos m^{-3}) e PAI_{ac} (3,45 litros m^{-3}) foram obtidos aplicando-se a irrigação por gotejamento, com déficit ao nível de 50% ETc. No entanto, mesmo o valor mais baixo de PAI_{ac} obtido no presente estudo com a irrigação plena (2,47 litros m^{-3}), foi superior ao observado por Miranda et al. (2019) em plantas com cinco anos de idade, em fazendas de produção de coco da região litorânea do Ceará ($PAI_{ac} = 2,0$ litros m^{-3}).

Por outro lado, nas plantas irrigadas por microaspersão, a irrigação com déficit nos níveis de 75% e 50% da ETc não alterou significativamente a PAI_{ac} em relação à irrigação plena, o que reforça o efeito danoso da deficiência hídrica na produção do coco verde quando se utilizou esse sistema de irrigação.

Em 2020, não foram observadas diferenças significativas de PAI_f e PAI_{ac} entre plantas irrigadas por gotejamento e microaspersão para os níveis de irrigação 100% e 75% ETc. Já para o nível de irrigação com déficit de 50% ETc, a irrigação por gotejamento apresentou maiores valores de PAI_f e PAI_{ac} . Isso indica que, sob condições de irrigação com déficit, o gotejamento propicia um melhor aproveitamento da água aplicada.

Tabela 9. Médias de teor de sólidos solúveis totais (SST) da água de coco, produtividade da água de irrigação em termos de frutos (PAI_f) e produtividade da água de irrigação em termos de água de coco (PAI_{ac}) de plantas de coqueiro irrigadas com diferentes lâminas de irrigação, com sistemas de irrigação de gotejamento e microaspersão. Paraipaba, CE, 2020.

SST (°Brix)					
Sistema	Lâmina de irrigação				
	100% ETc	75% ETc	50% ETc	50% ETc PRD	Média
Gotejamento	5,60 Ab	5,68 Ab	5,90 Aa	5,70 Bab	5,72
Microaspersão	5,53 Ac	5,73 Ab	6,00 Aa	5,95 Aa	5,80
Média	5,56	5,70	5,95	5,83	5,76
PAI_f (frutos m ⁻³)					
Sistema	Lâmina de irrigação				
	100% ETc	75% ETc	50% ETc	50% ETc PRD	Média
Gotejamento	5,94 Ac	6,52 Ac	9,30 Aa	7,83 Ab	7,40
Microaspersão	5,31 Ac	6,17 Abc	6,85 Bb	8,63 Aa	6,74
Média	5,63	6,35	8,07	8,23	7,07
PAI_{ac} (litros m ⁻³)					
Sistema	Lâmina de irrigação				
	100% ETc	75% ETc	50% ETc	50% ETc PRD	Média
Gotejamento	2,77 Ab	2,81 Ab	3,46 Aa	3,09 Aab	3,03
Microaspersão	2,47 Ab	2,62 Ab	2,36 Bb	3,14 Aa	2,64
Média	2,62	2,71	2,91	3,11	2,84

ETc: evapotranspiração da cultura; PRD: secagem parcial do sistema radicular. Médias seguidas da mesma letra, maiúscula dentro de cada coluna e minúscula nas linhas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com Fereres; Soriano (2007), cultivos sob irrigação com déficit geralmente apresentam PAI maior do que sob irrigação plena, e isso ocorre basicamente por duas razões. A primeira é que, diferentemente da irrigação plena, sob irrigação com déficit as perdas de água por percolação ou causadas pela desuniformidade do sistema de irrigação são mínimas, com praticamente toda água aplicada permanecendo na zona radicular e sendo usada na evapotranspiração do cultivo. A segunda razão é que, embora a produção de biomassa e a produtividade da cultura sejam reduzidas linearmente com a redução da evapotranspiração na irrigação com déficit, quando a redução da produtividade, em termos relativos, é menor do que a redução da ET, a PAI aumenta em relação à irrigação plena. Esse parece ser o caso do coqueiro-anão no presente estudo, em que a redução relativa da produtividade de frutos e de água de coco foi menor do que a redução da lâmina aplicada na irrigação com déficit.

No presente estudo, a irrigação com déficit (50% ET_c) utilizando-se a técnica de PRD não apresentou melhorias significativas de produtividade de frutos e de água de coco em relação à aplicação da mesma lâmina de irrigação na forma convencional em ambos os anos da avaliação. Com relação às produtividades da água de irrigação em termos de frutos e de água de coco (PAI_f e PAI_{ac}), ambas foram maiores na PRD em relação à irrigação com déficit na forma convencional nas plantas irrigadas por microaspersão e menores quando se utilizou a irrigação por gotejamento.

Os resultados obtidos com relação à PRD na cultura do coqueiro confirmam que, de fato, a resposta a essa técnica em termos da quantidade de água de irrigação economizada e melhoria da PAI depende do grau e da duração do déficit hídrico aplicado, bem como da espécie cultivada e suas fases fenológicas (Adu et al. 2018; Jovanovic; Stikic, 2018). Alguns estudos têm mostrado que a PRD não é eficaz em culturas sensíveis ao estresse hídrico (Sampaio et al., 2010; Sepaskhah; Ahmadi, 2010; Wakrim et al., 2005) como é o caso do coqueiro. Levando-se em conta que o sistema de irrigação adaptado para a PRD é mais caro e mais difícil de manejar do que o sistema convencional, os resultados do presente estudo evidenciam que sua adoção não é vantajosa na irrigação do coqueiro-anão.

Do ponto de vista do produtor, o objetivo não é somente aumentar a produtividade da água de irrigação, sendo mais importantes a rentabilidade da

cultura, a redução de riscos e outros aspectos relacionados à sustentabilidade da irrigação (Fereres; Soriano, 2007).

Como esperado, a irrigação deficitária com a aplicação de 75% e 50% da ETc reduziu os custos com energia elétrica no bombeamento em cerca de 25% e 50%, respectivamente, em relação à irrigação plena (100% ETc) (Tabela 10). No entanto, as reduções em valores absolutos do custo de energia foram menores que as reduções nas receitas brutas nos tratamentos com 75% e 50% da ETc, de forma que a aplicação da irrigação deficitária não se mostrou economicamente vantajosa em relação à irrigação plena para o coqueiro-anão.

Tabela 10. Consumos de água e de energia elétrica, custos com energia elétrica para irrigação, receitas brutas e líquidas com a comercialização de frutos do coqueiro-anão-verde irrigado por microaspersão e gotejamento com diferentes lâminas de irrigação.

Tratamento	Consumo de água (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Consumo de energia elétrica (kWh ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Custos com energia elétrica (R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Receita bruta (R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Receita líquida ⁽¹⁾ (R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹)
Microaspersão					
100% ETc	8117	6101	1.009,64	19.744,65	18.735,01
75% ETc	5732	4308	712,95	17.905,69	17.192,74
50% ETc	3987	2997	495,96	13.670,96	13.174,99
50% ETc PRD	3587	2696	446,14	15.643,42	15.197,27
Gotejamento					
100% ETc	6355	4776	790,44	20.494,48	19.704,04
75% ETc	4886	3672	607,77	18.507,55	17.899,78
50% ETc	3222	2421	400,75	16.792,63	16.391,88
50% ETc PRD	3498	2629	435,07	16.412,71	15.977,64

⁽¹⁾ Considerando-se apenas os custos com energia elétrica para o bombeamento, sem considerar os demais custos de produção. ETc: evapotranspiração da cultura; PRD: secagem parcial do sistema radicular.

No caso da microaspersão, a irrigação deficitária com lâminas equivalentes a 75% e 50% da ETc reduziu a receita líquida com frutos em cerca de 8% e 30%, respectivamente, em relação à irrigação plena. No gotejamento, a irrigação deficitária com lâminas equivalentes a 75% e 50% da ETc reduziu a receita líquida em cerca de 9% e 18% em relação à irrigação plena, respectivamente.

Os investimentos para a implantação dos sistemas de irrigação por microaspersão e por gotejamento, como os utilizados no experimento, foram estimados em R\$ 6.118,00 e R\$ 6.832,00 por hectare, respectivamente. Embora o gotejamento apresente um custo de implantação por hectare cerca de R\$ 714,00 maior do que a microaspersão, o custo anual com energia elétrica em seu uso foi mais baixo e sua receita bruta mais alta, fazendo com que essa diferença fosse compensada em apenas um ano de produção quando se usou a irrigação plena (diferença de saldo líquido de R\$ 969,00 por hectare por ano).

Conclusões

- A irrigação com déficit em geral aumenta o teor de sólidos solúveis da água de coco e a produtividade da água de irrigação para o coqueiro-anão.
- A irrigação com déficit não se mostra vantajosa agronomicamente e economicamente para o coqueiro-anão em relação à irrigação plena.
- A irrigação por gotejamento mostra-se mais vantajosa para o coqueiro em relação à microaspersão, tanto sob irrigação plena quanto deficitária.
- A utilização da irrigação com secagem parcial do sistema radicular não é vantajosa na cultura do coqueiro-anão, tendo em vista os maiores custos e as dificuldades de manejo em relação ao sistema convencional.

Referências

ADU, M. O.; YAWSON, D. O.; ARMAH, F. A.; ASARE, P. A.; FRIMPONG, K. A. Meta-analysis of crop yields of full, deficit, and partial root-zone drying irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 197, p. 79-90, 2018.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D., SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage. Paper 56). Disponível em: http://www.avwatermaster.org/filingdocs/195/70653/172618e_5xAGWAX8.pdf. Acesso em: 20 jul. 2022.

ARAÚJO, T. A.; TOMA, R. S.; GONDIM, R. S.; TANIGUCHI, C. A. K.; SILVA, J. P. **Caracterização e classificação de solos do campo experimental do Curu, Paraipaba, CE**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2021. 16 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 196). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1137370/1/DOC-196.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2022.

BORCHERT, R. Water status and development of tropical trees during seasonal drought. **Trees**, v. 8, p. 115-125, 1994. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00196635>. Acesso em: 20 jul. 2022.

CINTRA, F. L. D.; RESENDE, R. S.; LEAL, M. L. S.; PORTELA, J. C. Efeito de volumes de água de irrigação no regime hídrico de solo coeso dos tabuleiros e na produção de coqueiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1041-1051, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/rbcs/a/bXd7kxY5tW9GvQXDkNbGdPQ/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 20 jul. 2022.

CONSOLI, S.; STAGNO, F.; VANELLA, D.; BOAGA, J.; CASSIANI, G.; ROCCUZZO, G. Partial root-zone drying irrigation in orange orchards: Effects on water use and crop production characteristics. **European Journal of Agronomy**, v. 82, p. 190-202, 2017. Disponível em: <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-cd236d5a-1709-39cf-a4ab-cac3591e8aae>. Acesso em: 20 jul. 2022.

FERERES, E. M.; SORIANO, A. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, n. 2, p. 147-159, 2007. Disponível em: <https://academic.oup.com/jxb/article/58/2/147/534071>. Acesso em: 20 jul. 2022.

JOVANOVIĆ, Z.; STIKIĆ, R. Partial Root-Zone Drying Technique: from Water Saving to the Improvement of a Fruit Quality. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 1, n. 3, 2018 doi: 10.3389/fsufs.2017.00003. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2017.00003/full>. Acesso em: 20 jul. 2022.

KANG, S. Z.; ZHANG, J. H. Controlled alternate partial root-zone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, p. 2437-2446, 2004. Disponível em: <https://academic.oup.com/jxb/article/55/407/2437/496050>. Acesso em: 20 jul. 2022.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: van Nostrand Reinhold, 1990. 615 p.

LIU, F.; SHAHNAZARI, A.; ANDERSEN, M. N.; JACOBSEN, S. E.; JENSEN, C. R. Physiological responses of potato (*Solanum tuberosum* L.) to partial root-zone drying: ABA signaling, leaf gas exchange, and water use efficiency. **Journal of Experimental Botany**, v. 57, p. 3727-3735, 2006. Disponível em: <https://academic.oup.com/jxb/article/57/14/3727/585143>. Acesso em: 20 jul. 2022.

LIU, F.; SONG, R.; ZHANG, X.; SHAHNAZARI, A.; ANDERSEN, M. N.; PLAUBORG, F.; JACOBSEN, S. E.; JENSEN, C. R. Measurement and modeling of ABA signaling in potato (*Solanum tuberosum* L.) during partial root-zone drying. **Environmental and Experimental Botany**, v. 63, p. 385-391, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0098847207002341>. Acesso em: 20 jul. 2022.

MACIEL, V. T.; GOMES FILHO, E.; ALVES, R. E.; FARIAS, J. M.; SOUZA, H. U. Caracterização física dos frutos de seis cultivares de coqueiro-anão em diferentes estádios de desenvolvimento. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 4, p. 395-398, 2009. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1190/119012569004.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2022.

MADURAPPERUMA, W. S.; COSTA, W. A. J. M.; SANGAKKARA, U. R.; JAYASEKARA, C. Estimation of water use of mature coconut (*Cocos nucifera* L.) cultivars (CRIC 60 and CRIC 65) grown in the low country intermediate zone using the compensation heat pulse method (CHPM). **Journal of the National Science Foundation Sri Lanka**, v. 37, n. 3, p. 175-186, 2009. Disponível em: <https://jnsfsl.sjoi.info/articles/abstract/10.4038/jnsfsr.v37i3.1211/>. Acesso em: 20 jul. 2022.

MIRANDA, F. R.; GOMES, A. R. M.; OLIVEIRA, C. H. C.; MONTENEGRO, A. A. T.; BEZERRA, F. M. L. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo do coqueiro-anão-verde na região litorânea do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 2, p. 129-135, 2007. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1953/195317449001.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2022.

MIRANDA, F. R.; ROCHA, A. B. S.; GUIMARÃES, V. B.; SILVA, E. S.; LIMA, G. C. M.; SANTOS, M. M. S. Eficiência do uso da água na irrigação do coqueiro anão. **Irriga**, v. 24, n. 1, p. 109-124, 2019. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1116180/1/ART19023.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2022.

NOGUEIRA, L. C.; MIRANDA, F. R.; AMORIM, J. R. A.; RESENDE, R. S.; SOUSA, V. F. Irrigação. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. (ed.). **A cultura do coqueiro no Brasil**. 3. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. p. 315-344.

PASSOS, E. E. M.; CASTRO, C. P.; FONTES, H. R.; CARDOSO, B. T. Ecofisiologia. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. (ed.). **A cultura do coqueiro no Brasil**. 3. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. p. 91-100.

ROUPSARD, O.; BONNEFOND, J. M.; IRVINE, M.; BERBIGIER, P.; NOUVELLON, Y.; DAUZAT, J.; AGA, S.; HAMEL, O.; JOURDAN, C.; SAINT-ANDRÉ, L.; MIALET-SERRA, I.;

LABOUISSSE, J. P.; EPRON, D.; JOFFRE, R.; BRACONNIER, S.; ROUZIÈRE, A.; NAVARRO, M.; BOUILLET, J. P. Partitioning energy and evapotranspiration above and below a tropical palm canopy. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 139, p. 252-268, 2006.

SAMPAIO, A. H. R.; COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; DANIEL, R.; MACHADO, V. V.; CARVALHO, G. C.; SANTANA JUNIOR, E. B. Déficit hídrico e secamento parcial do sistema radicular em pomar de lima ácida, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 10, p. 1141-1148, 2010.

SANTOS, M. R.; NEVES, B. R.; SILVA, B. L.; DONATO, S. L. R. Yield, water use efficiency and physiological characteristic of “Tommy Atkins” mango under partial rootzone drying irrigation system. **Journal of Water Resource and Protection**, v. 7, n. 13, p. 1029-1037, 2015.

SAS Institute. **SAS/STAT User's Guide**: version 6, GLM-VARCOMP, v. 2. Cary, 1994. 795 p.

SEPASKHAH, A. R.; AHMADI, S. H. A review on partial root-zone drying irrigation. **International Journal of Plant Production**, v. 4, n. 4, p. 241-258, 2010.

WAKRIM, R.; WAHBI, S.; TAHI, H.; AGANCHICH, B.; SERRAJ, R. Comparative effects of partial root drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) on water relations and water use efficiency in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Agricultural Ecosystems & Environment**, v. 106, p. 275-287, 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880904003056>. Acesso em: 20 jul. 2022.

ZEGBE, J. A.; BEHBOUDIAN, M. H.; CLOTHIER, B. E. Responses of ‘Petopride’ processing tomato to partial rootzone drying at different phenological stages. **Irrigation Science**, v. 24, p. 203-210, 2006. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00271-005-0018-4>. Acesso em: 20 jul. 2022.

ZEGBE, J. A.; BEHBOUDIAN, M. H. Plant water status, CO₂ assimilation, yield, and fruit quality of ‘Pacific Rose™’ apple under partial rootzone drying. **Advances in Horticultural Sciences**, v. 22, p. 27-32, 2008. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/pdf/42882607.pdf?refreqid=excelsior%3Abe9319edb6fef1ea43a4866393db66e0&ab_segments=&origin=&acceptTC=1. Acesso em: 20 jul. 2022.



Agroindústria Tropical

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



CGPE 017613