



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

JANILSON BARBOSA DA SILVA

PRODUÇÃO INICIAL DO COQUEIRO ANÃO VERDE SOB DIFERENTES
LÂMINAS E SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

FORTALEZA

2020

JANILSON BARBOSA DA SILVA

PRODUÇÃO INICIAL DO COQUEIRO ANÃO VERDE SOB DIFERENTES LÂMINAS E
SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia agrícola. Área de concentração: Manejo da irrigação.

Orientador: Prof. Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana.

Coorientador: Dr. Fábio Rodrigues de Miranda.

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S58p Silva, Janilson Barbosa da.
Produção inicial do coqueiro anão verde sob diferentes lâminas e sistemas de irrigação / Janilson Barbosa da Silva. – 2020.
53 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2020.
Orientação: Prof. Dr. Thales Vinicius de Araújo Viana.
Coorientação: Prof. Dr. Fábio Rodrigues de Miranda.
1. Cocos nucifera L. 2. Irrigação com Déficit. 3. Secagem parcial do sistema radicular. 4. Eficiência de uso da água. I. Título.

CDD 630

JANILSON BARBOSA DA SILVA

PRODUÇÃO INICIAL DO COQUEIRO ANÃO VERDE SOB DIFERENTES LÂMINAS E
SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia agrícola. Área de concentração: Manejo da irrigação.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Fábio Rodrigues de Miranda (Coorientador)
Embrapa Agroindústria Tropical

Dr^a. Krishna Ribeiro Gomes
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Marlos Alves Bezerra
Embrapa Agroindústria Tropical

A Deus, sempre!

A minha mãe, Francisca das Chagas Barbosa.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pai de infinito amor e bondade, por ter permitido chegar até essa etapa da minha vida.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio durante o período de mestrado.

A toda a equipe do PPGEA-UFC, na pessoa do coordenador da pós-graduação, meu querido amigo e contemporâneo de graduação, Professor Carlos Alexandre.

Ao Professor Thales Vinícius pela orientação, amizade, apoio e conhecimentos compartilhados.

Ao Dr. Fábio Miranda pela orientação, apoio, conhecimentos compartilhados, ensinamentos, conselhos e principalmente pela amizade, incentivo e confiança no trabalho que eu poderia desenvolver.

A toda equipe da Embrapa Agroindústria Tropical pelo apoio logístico fundamental para condução da pesquisa, em especial aos trabalhadores do Campo Experimental do Curu: Damião Alves de Lima, Antônio Lima do Vale e Mauro Teixeira Dantas. Como também a equipe do transporte: Jorge Dutra e Helder.

A minha mãe Francisca das Chagas Barbosa pelo grande incentivo e pelos enormes sacrifícios necessários para que eu pudesse ter uma educação superior de qualidade.

A minha irmã Cleine Barbosa pelo enorme apoio, principalmente nos momentos de maior dificuldade financeira.

A minha esposa Nayana Carolina por todo o apoio emocional e incentivo nos momentos mais difíceis e por tornar real um grande presente divino, minha pequena Jade, que logo estará entre nós.

As minhas três sogras Francisca Florêncio, Maria Salizete e Adalzira Bezerra de Moraes (*In memorian*).

Aos meus avós maternos Maria Cleine de Sousa e Raimundo Barbosa de Sousa (*In memorian*), sendo meu avô, o grande exemplo e referência para que eu pudesse enveredar pelos caminhos da agricultura.

Ao casal de queridos amigos Francisca de Freitas e Carlos Alberto, suas duas filhas Kédima e Kátia com seus respectivos maridos Alex e Carlos Bastos, e seu filho e meu grande amigo Carlos Alberto Filho, os quais tiveram fundamental participação com conselhos e incentivos no início da minha caminhada acadêmica.

Ao meu amigo e parceiro de trabalho Mário Henrique, pela oportunidade e confiança depositada em mim durante o todo o período em que trabalhamos juntos.

Ao meu primo Adriano Santiago pela sua generosidade em acolher a mim e minha família em sua casa, gesto esse que jamais esquecerei.

Aos meus amigos e irmãos Antônio Dimas e Raimundo Neto pelo companheirismo, incentivo e a parceria de sempre.

“Aos outros dou o direito de serem como são. A mim, dou o dever de ser a cada dia melhor.”

Chico Xavier

RESUMO

A industrialização da água de coco, tem levado a um aumento significativo da demanda de coco verde e da área cultivada de coqueiro anão irrigado no Brasil. O coqueiro é considerado uma das frutíferas que mais consomem água em sua irrigação. Por outro lado, nos últimos anos tem ocorrido uma redução da disponibilidade hídrica para a irrigação em várias regiões onde o cultivo do coqueiro é uma atividade econômica importante. Tal situação fez com que a racionalização do uso da água na irrigação do coqueiro fosse apontada como obrigatória. Nesse contexto, o estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes lâminas de irrigação, combinadas com sistemas de irrigação e aplicação de cobertura morta sobre a produtividade de plantas jovens de coqueiro anão. O experimento foi conduzido no Campo Experimental do Curu, da Embrapa Agroindústria Tropical, no município de Paraipaba-CE. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas, em fatorial 4 x 2 x 2, em faixas com quatro lâminas de irrigação (100%, 75%, 50% da ETc e 50% da ETc com secagem parcial do sistema radicular (PRD)), dois sistemas de irrigação (gotejamento e microaspersão), com cobertura e sem cobertura morta. Foram avaliados durante doze meses a produção de frutos por planta, o volume de água de coco por fruto, o teor de sólidos solúveis totais, a produção de água de coco por planta e a eficiência do uso da água de irrigação. A irrigação com déficit (75% ETc e 50% ETc) reduziu a produtividade de frutos e a produção de água de coco por planta em relação à irrigação plena (100% ETc). Por outro lado, a irrigação com déficit aumentou os sólidos solúveis totais da água de coco e a produtividade da água de irrigação em termos de frutos e água de coco. A irrigação com reposição de 75% da ETc permitiu alcançar valores de produtividade da água de irrigação de 5,1 frutos e 2,4 L de água de coco por m³ de água aplicado na irrigação. Já a irrigação com reposição de 50% da ETc permitiu alcançar valores de produtividade da água de irrigação de 6,3 frutos e 2,6 L água de coco por m³ de água aplicado na irrigação. A irrigação com a lâmina de 50% da ETc e secagem parcial do sistema radicular (PRD) não apresentou diferenças significativas em relação ao tratamento de 50% da ETc para as variáveis avaliadas. A irrigação por gotejamento apresentou médias de produtividades de frutos, de água de coco e produtividade da água de irrigação, significativamente superiores à irrigação por microaspersão, mostrando que é uma boa alternativa para aumentar a eficiência de uso da água na irrigação do coqueiro. O uso de cobertura morta não influenciou nos resultados obtidos.

Palavras-chave: *Cocos nucifera* L. Irrigação com Déficit. Secagem parcial do sistema radicular. Eficiência de uso da água.

ABSTRACT

Due to the industrialization of coconut water, there has been a significant increase in the demand for green coconut and the cultivated area of irrigated dwarf coconut in Brazil. Coconut is considered one of the fruit trees that most consume water in its irrigation. On the other hand, in recent years there has been a reduction in water availability for irrigation in several regions where coconut cultivation is an important economic activity. This situation made the rationalization of the use of water in irrigation of the coconut tree to be pointed out as mandatory. In this context, the study aimed to evaluate the effects of different irrigation depths, combined with irrigation systems and mulch on yield of young dwarf coconut plants. The experiment was conducted at the Curu Experimental Field, Embrapa Tropical Agroindustry, in the municipality of Paraipaba-CE. The experimental design was in randomized blocks with split-plot, in factorial 4 x 2 x 2, in strips with four irrigation depths (100%, 75%, 50% of ET_c and 50% of ET_c with partial drying of the root system (PRD)), two irrigation systems (drip and micro sprinkler), with and without mulch. Fruit yield, volume of coconut water per fruit, total soluble solids content, yield of coconut water and the irrigation water use efficiency were evaluated during twelve months. Deficit irrigation (75% ET_c and 50% ET_c) reduced fruit yield and coconut water yield compared to full irrigation (100% ET_c). On the other hand, deficit irrigation increased the total soluble solids of coconut water and the irrigation water use efficiency in terms of fruits and coconut water. The irrigation with replacement of 75% of the ET_c allowed to reach values of irrigation water productivity of 5.1 fruits and 2.4 L of coconut water per m³ of irrigation water applied. Irrigation with replacement of 50% of ET_c allowed to reach values of irrigation water productivity of 6.3 fruits and 2.6 L coconut water per m³ of water applied in the irrigation. Irrigation with 50% of ET_c, and partial drying of the root system (PRD) did not show significant differences compared to the treatment that received the same irrigation amount for the evaluated variables. Drip irrigation showed averages of fruit yield, coconut water yield and irrigation water productivity, significantly higher than micro sprinkler irrigation, showing that it is a good alternative to increase the water use efficiency in coconut irrigation. The use of mulch did not influence the results obtained.

Keywords: *Cocos nucifera* L. Deficit irrigation. Partial root drying. Water use efficiency.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Imagem da área implantada	23
Figura 2	– Croqui da parcela experimental	23
Figura 3	– Posicionamento da irrigação por gotejamento no formato anel auxiliar	26
Figura 4	– Detalhe dos tensiômetros instalados	27
Figura 5	– Imagem da estação meteorológica	28
Figura 6	– Imagem do hidrômetro na saída da linha lateral	28
Figura 7	– Detalhe dos registros no início da linha do tratamento L4	29
Figura 8	– Posição dos microaspersores do tratamento L4	29
Figura 9	– Volumes médios diários de água aplicados na irrigação dos tratamentos	31
Figura 10	– Volumes médios de água aplicados na irrigação dos tratamentos L1 (a), L2 (b), L3, (c) e L4 (d), nos sistemas de gotejamento e microaspersão	32
Figura 11	– Média das tensões fornecidas por tensiômetros instalados nos tratamentos: com gotejamento s/ cobertura morta (A), com gotejamento c/ cobertura morta (B), com microaspersão s/ cobertura morta (C) e com microaspersão c/ cobertura morta (D) na profundidade de 20 cm	33
Figura 12	– Média das tensões fornecidas por tensiômetros instalados nos tratamentos: com gotejamento s/ cobertura morta (A), com gotejamento c/ cobertura morta (B), com microaspersão s/ cobertura morta (C) e com microaspersão c/ cobertura morta (D) na profundidade de 60 cm	35
Figura 13	– Número de frutos por planta por ano em função das lâminas de irrigação aplicadas	38
Figura 14	– Número de frutos por planta, em função das lâminas de irrigação, ao longo do período de colheita	39
Figura 15	– Número de frutos por planta por ano, em função do sistema de irrigação utilizado	39
Figura 16	– Variação mensal da produção de frutos de plantas de coqueiro anão irrigadas por gotejamento e microaspersão	40

Figura 17 – Volume médio de água de coco produzido por fruto ao longo do ano, em função das lâminas de irrigação aplicadas	41
Figura 18 – Variação mensal do volume de água de coco por fruto em relação as lâminas durante o período de colheita	42
Figura 19 – Volume médio de água de coco por planta de coqueiro irrigadas por gotejamento e microaspersão	42
Figura 20 – Variação mensal do volume de água de coco por fruto em plantas de coqueiro irrigadas por microaspersão (M) e gotejamento (G)	43
Figura 21 – Teor de sólidos solúveis totais (°brix) da água de coco produzida pelas plantas, em função das lâminas de irrigação aplicadas	44
Figura 22 – Variação do teor de sólidos solúveis totais (°brix) ao longo do período de colheita em função das lâminas de irrigação aplicadas	44
Figura 23 – Valores médios do teor de sólidos solúveis totais (°brix) em relação ao fator sistema de irrigação	45
Figura 24 – Variação mensal do teor de sólidos solúveis totais (°brix) na água de coco em plantas de coqueiro irrigadas por microaspersão (M) e gotejamento (G)	45
Figura 25 – Produção de água de coco em litros por planta, em função das lâminas de irrigação aplicadas	46
Figura 26 – Variação mensal do rendimento de água de coco por planta (L) em relação ac fator lâmina ao longo do período de colheita	47
Figura 27 – Produção de água de coco por planta de plantas de coqueiro anão com 3-4 anos de idade, irrigadas por gotejamento e microaspersão. Paraipaba-CE, 2019	47
Figura 28 – Variação mensal da produção de água de coco por planta em plantas de coqueiro irrigadas por microaspersão (M) e gotejamento (G). Paraipaba-CE, 2019	48

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Médias mensais de temperatura máxima e mínima, umidade relativa do ar, radiação solar, velocidade do vento, precipitação e evapotranspiração de referência (ET_o). Paraipaba, Ceará, 2019..... 22
- Tabela 2 – ANOVA da produção de frutos por planta (FP), volume de água de coco por fruto (VAF), teor de sólidos solúveis totais (SST) e produção de água de coco por planta (PAC)..... 37
- Tabela 3 – Valores médios de produtividade de frutos (Pf), produtividade de água de coco (Pac), volumes de irrigação aplicados por planta (I), produtividade da água de irrigação em termos de frutos (WPI_{rf}) e produtividade da água de irrigação em termos da produção de água de coco (WPI_{ra}). Paraipaba- CE, 2019..... 49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABA	Ácido abscísico
Eto	Evapotranspiração de referência
ETc	Evapotranspiração da cultura
DPV	Déficit de pressão de vapor
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PRD	Partial root drying
RDI	Regulated deficit irrigation
SDI	Sustained deficit irrigation

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Coqueiro (<i>Cocos nucifera</i> L)	16
2.2	Água para irrigação	17
2.3	Irrigação em coqueiro	18
2.4	Produtividade da água e déficit hídrico	19
2.4.1	<i>Irrigação com RDI e SDI</i>	20
2.4.2	<i>Irrigação com PRD</i>	21
3	MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1	Localização e caracterização da área	22
3.2	Delineamento experimental	23
3.3	Tratamentos	24
3.4	Sistemas de irrigação	25
3.5	Manejo da área	26
3.6	Variáveis analisadas	29
3.6.1	<i>Análise dos frutos</i>	29
3.6.2	<i>Produtividade da água (WP – Water Productivity)</i>	30
4	RESULTADOS E DISCURSSÃO.....	31
4.1	Água aplicada na irrigação	31
4.2	Monitoramento da umidade do solo	33
4.3	Análise de variância	36
4.4	Produção de frutos	37
4.5	Volume de água de coco por fruto	40
4.6	Sólidos solúveis totais (°brix)	43
4.7	Produção de água de coco por planta	46
4.8	Produtividade da água (WP)	48
5	CONCLUSÕES	50
	REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

O coqueiro é considerado uma das frutíferas com maior consumo de água na sua irrigação. Iniciada a fase de produção, a planta permanece com inflorescências e frutos em desenvolvimento durante o ano inteiro, fase esta, em que há maior demanda hídrica e maior sensibilidade aos efeitos do déficit hídrico.

Nos últimos anos, tem-se observado no Brasil um grande aumento da área de cultivo de coqueiro anão sob irrigação, em decorrência do aumento da industrialização com a instalação de indústrias processadoras, pelo aumento da demanda de água de coco, como também pelos bons preços alcançados no mercado de coco verde.

O coqueiro anão apresenta maior consumo de água e menor tolerância ao estresse hídrico no solo em relação às variedades gigantes e aos híbridos. Plantas de coqueiro anão em produção, irrigadas por microaspersão, apresentam um consumo de água da ordem de 100 a 240 L planta⁻¹ dia⁻¹, dependendo das condições climáticas locais.

Nos últimos anos vem ocorrendo uma redução da disponibilidade de recursos hídricos para a irrigação em várias regiões onde o cultivo do coqueiro é uma atividade econômica importante, a exemplo da região litorânea do Ceará e a região semiárida do Nordeste brasileiro. Essa tendência é corroborada pelas previsões de mudanças climáticas para a região Nordeste do Brasil, cujos cenários apontam para aumentos de temperatura e da evapotranspiração potencial e redução das precipitações.

Tais fatos tornam de suma importância para a sustentabilidade do cultivo do coqueiro irrigado, o desenvolvimento de tecnologias que permitam reduzir a quantidade de água aplicada e aumentar a eficiência de uso da água na irrigação da cultura. Para isso, o consumo real de água da cultura deve ser determinado com maior precisão e devem ser avaliados os efeitos da irrigação com déficit e de tecnologias que permitam reduzir perdas de água sobre a produtividade e a qualidade dos frutos do coqueiro.

Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes lâminas de irrigação, combinadas com dois sistemas de irrigação e uso de cobertura morta, sobre a produtividade de frutos e de água de coco e a eficiência de uso da água de irrigação em plantio de coqueiro anão verde.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Coqueiro (*Cocos nucifera L*)

O coqueiro é uma palmeira de grande importância socioeconômica das regiões intertropicais do globo terrestre. Pode-se dizer que do coqueiro tudo se aproveita, devido a obtenção de produtos das diferentes partes de sua constituição. Além disso, o coqueiro se mostra resistente, com crescimento e desenvolvimento em ambiente com elevada salinidade, secos e solos de baixa fertilidade (SIQUEIRA *et al.*, 1998).

Indonésia, Filipinas e Índia são os principais produtores mundiais de coco. O Brasil ocupa a quinta colocação com apenas 1,7% da área cultivada e 3,8% da produção mundial, entretanto possui uma produtividade superior, comparada com as daqueles três principais produtores. Os cultivos brasileiros destinam-se à produção de coco seco in natura, coco ralado, leite de coco, óleo de coco e água de coco, sendo este último produto responsável pela sua crescente demanda, contribuindo com a expansão do coqueiro para outras regiões.

Desse modo, houve aumento de sua produtividade e produção nos últimos anos, passando de 13,2% para um patamar de produção e produtividade de respectivamente, 143,2% e 114,8% entre os anos de 1990 e 2015. Isso aconteceu devido a introdução de novos plantios da variedade coqueiro Anão Verde e híbridos Anão x Gigante, com utilização intensiva de insumos e tecnologia de irrigação.

De acordo com dados do IBGE, em 2018 a área colhida de coco foi de 198.715 hectares, desses mais de 81% estão na região Nordeste do Brasil, sendo o estado do Ceará responsável por mais de 23% da área colhida com essa fruta, ficando atrás apenas do estado da Bahia que responde por 27% da área total. A Região Nordeste continua como a maior produtora do Brasil, com 74,0% da produção nacional (BRAINER, 2018).

Quanto à quantidade produzida de coco, segundo o IBGE (2020), em 2018 o Brasil produziu 1.564.500 toneladas desse fruto e novamente a região Nordeste se destaca com 71% da produção nacional, com destaque para os estados da Bahia e Ceará, respondendo com 30% e 22% da produção nacional, respectivamente.

Segundo Martins e Jesus Junior (2011), cerca de 90% da produção mundial de coco é oriunda de pequenos agricultores, com áreas de até 5 hectares. No Brasil esse fator é de cerca de 70%, explorados em propriedades de até 10 hectares. Desse modo, a cultura do coqueiro pode ser considerada tipicamente de pequenos produtores ou agricultores familiares reforçando a função social dessa cultura (CINTRA *et al.*, 2009).

Um dos principais desafios para melhorar a cadeia produtiva do coqueiro foi o desenvolvimento de cultivares que apresentassem boas características de importância agronômicas como: precocidade, produção e qualidade dos frutos como também resistência a estresses biótico e abiótico com maior estabilidade e uniformidade de produção. A variedade de coqueiro gigante é a mais explorada por países que cultivam economicamente essa palmeira, no entanto este hábito está mudando em razão da mais alta produção de frutos, florescimento precoce e bom tamanho de fruto de cultivares híbridos, que é o resultado do cruzamento do gigante com o anão (FERREIRA; WARWICK; SIQUEIRA, 2018).

O coqueiro gigante é uma variedade rústica e tolerante ao estresse do ambiente. Apresenta porte alto (em torno dos 35 m), inicia a floração entre o 5º e 7º ano após o plantio com uma produção anual em torno de 60 a 80 frutos e estabiliza a produção a partir do 9º ano e o fruto é destinado a agroindústria e culinária. Já a variedade anã possui um maior nível de exigência edafoclimática em relação ao gigante, apresenta porte baixo (em torno dos 12 m), inicia a floração entre o 2º e 3º ano após o plantio, evidenciando sua precocidade, conta com uma produção anual em torno de 150 a 250 frutos com estabilização a partir do 5º ano e o fruto é destinado à produção de água para consumo in natura (EMBRAPA, 1993).

No Brasil, o coqueiro anão floresce e frutifica o ano todo, com pico de consumo dos frutos verdes no verão. Daí ele ser muito utilizado para produção e consumo in natura e agroindustrial da água de coco verde, apresentando uma qualidade sensorial e sabor mais elevado do que os coqueiros híbridos e gigantes além de possuir elevados teores de minerais, dentre eles o potássio e ser de baixo valor calórico como também pobre em colesterol (FERREIRA; WARWICK; SIQUEIRA, 2018).

2.2 Água para Irrigação

O crescimento populacional, industrial e agrícola tem provocado um aumento da demanda por recursos hídricos no mundo, com a agricultura irrigada sendo o maior usuário de água em nível mundial. Portanto, o uso de equipamentos e técnicas que permitem o uso eficiente da água na agricultura é de extrema importância para garantir a segurança alimentar da crescente população mundial (TYAGI, 2013).

A área irrigada no Brasil tem aumentado em todas as regiões hidrográficas, alcançando 5,4 milhões de hectares em 2010 e sendo responsável por 72% do total da água doce consumida no país. Especialistas alertam sobre a expansão da irrigação e o risco de dificuldades em obter água em disponibilidade suficiente para atender tanto às atuais áreas produtivas como

aos novos empreendimentos. Tal fato levou a Agência Nacional de Águas (ANA) a sinalizar para a necessidade de serem adotadas técnicas de irrigação que primem pelo uso eficiente da água, no sentido de evitar conflitos futuros pelo seu uso (CHRISTOFIDIS, 2013).

Entre os impactos das mudanças climáticas previstos para a região Nordeste do Brasil, cita-se a redução na precipitação e aumento da evapotranspiração e, conseqüentemente, da demanda de água para irrigação, mantidas as atuais áreas irrigadas. Tal cenário exigirá a adoção de medidas mitigadoras, com destaque para o aumento da eficiência de utilização da água na irrigação e o uso de práticas agrícolas que reduzam o consumo de água das culturas (GONDIM *et al.*, 2011).

Entre as principais opções para aumentar a eficiência de uso da água na agricultura irrigada, cita-se o uso de práticas de cultivo que permitam aumentar a captação de água da chuva e reduzam a evaporação da água do solo, como por exemplo, o plantio direto ou o uso de cobertura morta, o uso de sistemas de irrigação com menores perdas de água e com maior uniformidade de aplicação, a melhoria do manejo da irrigação e a adoção de estratégias de irrigação com déficit hídrico moderado (HOWELL, 2001).

2.3 Irrigação em coqueiro

O consumo de água do coqueiro varia com as condições ecológicas e a área foliar do dossel e difere entre os genótipos. O coqueiro, dependendo das condições climáticas locais, apresenta uma alta demanda hídrica ao longo do ano. Diferentemente da maioria das espécies frutíferas, uma vez iniciada a fase de produção, o coqueiro permanece com inflorescências e frutos em desenvolvimento em todos os meses do ano podendo apresentar consumos de água da ordem de 100 a 240 L planta⁻¹ dia⁻¹ e valores de coeficientes de cultivo (Kc) de 0,6 a 1,0 (CARR, 2011; JAYAKUMAR *et al.*, 1988; MIRANDA *et al.*, 2007; RAO, 1989).

Plantas da mesma variedade e área foliar semelhante têm diferentes consumos de água em diferentes ambientes (OHLER, 1999). Segundo o autor, os resultados de vários estudos sobre o consumo de água dos diferentes genótipos de coqueiro, sob distintas condições de cultivo e métodos de irrigação, levam à confusão. É altamente recomendável a realização de estudos, utilizando genótipos padrão, em condições climáticas específicas de cada país, para obter um melhor conhecimento da necessidade de água do coqueiro e as conseqüências do déficit hídrico, incluindo o desenvolvimento do sistema radicular em diferentes tipos de solo.

Em Vanuatu, Rounsard *et al.* (2006) relataram que a evapotranspiração de coqueiros híbridos variou de 1,8 a 3,4 mm dia⁻¹, correspondendo a volumes médios de 112 a 212 L planta⁻¹

¹ dia⁻¹. Na Índia, Rao (1989) reportou valores de evapotranspiração variando de 2,9 a 5,5 mm dia⁻¹ (122 a 231 L planta⁻¹ dia⁻¹), em plantas de coqueiro da variedade gigante, com cinco anos de idade.

No Brasil, a grande maioria dos plantios irrigados de coqueiro é das variedades anã e híbrido (anão x gigante). Na região litorânea do Ceará, Miranda *et al.* (2007) estimaram o valor de Kc do coqueiro anão de 1,0 na fase de florescimento e desenvolvimento dos frutos e Miranda e Gomes (2006) recomendam a aplicação de volumes de água de até 248 L dia⁻¹ na irrigação do coqueiro anão adulto nos meses de maior demanda evapotranspirativa (setembro e outubro). No entanto, há evidências de que o Kc do coqueiro varia entre regiões de climas distintos e na mesma região, sob condições climáticas diferentes ao longo do ano (CARR, 2011; ROUPSARD *et al.*, 2006).

Cintra *et al.* (2009) avaliaram a aplicação, via microaspersão, de volumes de água de irrigação de 50, 100 e 150 L dia⁻¹ na produção do coqueiro anão em Neópolis-SE e constataram que tanto a produção de frutos por planta como o volume médio de água de coco por fruto aumentaram linearmente com o aumento do volume de água aplicado na irrigação. Com base em medidas da umidade do solo, os autores estimaram uma necessidade hídrica média por planta de 236 L dia⁻¹. No entanto, segundo os autores, ainda é necessário avaliar qual seria a lâmina de irrigação ideal do ponto de vista econômico.

Apesar de todos os estudos publicados, ainda há pouco conhecimento a respeito das necessidades hídricas reais do coqueiro e sua resposta, em termos de produtividade a diferentes níveis de irrigação. O desafio atual é definir qual a quantidade mínima de água que deve ser utilizada na irrigação do coqueiro, para uma produção economicamente viável.

2.4 Produtividade da água e déficit hídrico

Entre as alternativas mais viáveis para aumentar a eficiência de uso da água na irrigação do coqueiro estão a irrigação com déficit hídrico e o uso de cobertura do solo (CARR, 2011).

A irrigação com reposição plena da evapotranspiração da cultura é usada pelos agricultores em áreas sem limitação hídrica ou com alguma limitação. Neste método, as culturas recebem lâminas de água para atender suas necessidades potenciais de evapotranspiração, a fim de obter o rendimento máximo. Atualmente, a irrigação plena é considerada um luxo em termos do uso de água, que pode ser reduzido com pequeno ou nenhum efeito sobre a produtividade comercial.

Quando a oferta hídrica é limitada, a meta do agricultor deve ser maximizar o lucro por unidade de água aplicada, ao invés de por unidade de terra. Recentemente, tem sido dada ênfase no conceito de produtividade da água (WP), definido como o rendimento líquido por unidade de água utilizada na evapotranspiração. Sob irrigação com déficit a WP aumenta em relação ao seu valor sob irrigação plena, conforme demonstrado experimentalmente para várias culturas. Contudo, o conhecimento da resposta da cultura à irrigação com déficit é essencial para se alcançar tal objetivo (FERERES e SORIANO, 2007).

2.4.1 Irrigação com RDI e SDI

Novas estratégias de irrigação com redução da lâmina de água aplicada têm sido usadas nos últimos anos para melhorar a produtividade da água em relação à irrigação plena, tais como a irrigação com déficit regulado (RDI) e o secamento parcial da zona radicular (PRD). Os montantes de redução da irrigação dependem da cultura e geralmente têm sido acompanhados por nenhuma ou pequena perda de rendimento, que por sua vez aumenta significativamente a produtividade da água (SEPASKHAH; AHMADI, 2010).

A irrigação com déficit regulado (RDI) é uma técnica de manejo em que há limitação da lâmina de água aplicada em determinados estádios fenológicos da cultura, em que a produção e a qualidade dos frutos são pouco sensíveis ao estresse hídrico (COTRIM *et al.*, 2011). Estratégias de irrigação com déficit regulado (RDI) têm sido testadas com sucesso, obtendo-se redução significativa da quantidade de água aplicada em espécies frutíferas como citros, pêssego, videira, pera e oliveira (BALLESTER *et al.*, 2011; FERERES e SORIANO, 2007; LEIB *et al.*, 2006). Aplicando o RDI em mangueiras da cv. 'Kent', Pavel e De Villiers (2004) obtiveram redução da quantidade de água aplicada de até 52% em tratamentos com RDI, comparado à irrigação plena, sem redução da produtividade.

No Brasil, essa técnica foi avaliada em frutíferas como manga, lima ácida, banana (COTRIM *et al.*, 2011; SAMPAIO *et al.*, 2010), verificando-se, de acordo com a estratégia adotada, expressiva redução da lâmina de irrigação aplicada sem efeitos significativos na produtividade e qualidade dos frutos em relação à irrigação plena.

Dependendo da cultura, a aplicação de RDI na fase que antecede o florescimento ou na fase de maturação dos frutos produz os melhores resultados, uma vez que a maioria das culturas é mais sensível ao déficit hídrico no solo nas fases de florescimento e desenvolvimento dos frutos. No entanto, a planta de coqueiro adulta permanece no estágio de florescimento e

frutificação ao longo de todo o ano, o que limitaria a aplicação do RDI em termos de redução da irrigação em estádios fenológicos específicos.

O SDI (sustained deficit irrigation ou déficit hídrico sustentado) também é uma técnica de irrigação com déficit, no entanto ela difere da irrigação com RDI. Enquanto que no RDI o déficit em algumas fases fenológicas da planta, no SDI ela é permanente, entretanto há um limite para sua utilização que seria o momento que o déficit hídrico começa a afetar o índice de colheita da cultura (FERERES e SORIANO, 2007).

2.4.2 Irrigação com PRD

A técnica da secagem parcial da zona radicular (partial root drying ou PRD) é uma forma modificada de irrigação com déficit, que envolve a rega de apenas uma parte da zona radicular em cada evento de irrigação, deixando a outra parte secar até certo teor de umidade, antes de ser reumedecida, alternando a irrigação para o lado seco (SEPASKHAH; AHMADI, 2010). Essa técnica tem apresentado resultados positivos, em termos de redução da quantidade de água aplicada e aumento da produtividade da água, mesmo em culturas que não apresentam resultados satisfatórios sob irrigação com déficit hídrico regulado (RDI) (LEIB *et al.*, 2006). Em alguns casos a economia de água pode chegar a 50%, sem perdas significativas de produtividade e com melhoria da qualidade dos frutos (SEPASKHAH; AHMADI, 2010).

Com relação ao mecanismo fisiológico do PRD, as raízes da parte do solo que está secando sintetizam um sinal hormonal (ácido abscísico, ABA) que é transportado para as folhas, desencadeando os mecanismos de tolerância ao déficit hídrico do solo. Nas folhas, o ABA induz o fechamento parcial dos estômatos, reduzindo a transpiração. Contudo, como a outra parte do sistema radicular é mantida úmida, o efeito no potencial hídrico da planta é mínimo. Com o objetivo de manter a síntese de ABA nas raízes, a irrigação é suspensa alternadamente nos dois lados do sistema radicular (LEIB *et al.*, 2006).

Esse mecanismo fisiológico é responsável pela vantagem do PRD sobre o RDI, ou seja, a água absorvida no lado úmido do sistema radicular mantém um status hídrico favorável na planta, enquanto a produção de ABA é mantida nas raízes do lado seco, com seu efeito sobre o fechamento parcial dos estômatos, aumentando a eficiência de uso da água (LEIB *et al.*, 2006; SEPASKHAH; AHMADI, 2010).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e características da área

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). Conforme a classificação de Köppen, o clima do local é tropical chuvoso, Aw, com precipitação média próxima a 1.200 mm ao ano e o solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, possuindo uma textura média a arenosa na camada superficial (ARAÚJO, 2018). Apresenta pouca variação nas temperaturas ao longo do ano e precipitações concentradas no primeiro semestre, havendo baixa umidade relativa do ar e ventos fortes e constantes no segundo semestre (MIRANDA et al., 2008). As informações meteorológicas do local estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Médias mensais de temperatura máxima e mínima, umidade relativa do ar, radiação solar, velocidade do vento, precipitação e evapotranspiração de referência (ET_o). Paraipaba, Ceará, 2019.

Mês	Temperatura		Umidade Relativa (%)	Radiação Solar (MJ m ⁻² d ⁻¹)	Veloc. Vento (Km d ⁻¹)	P (mm)	ET _o (mm d ⁻¹)
	Máx. (°C)	Mín. (°C)					
Jan	31,2	22,8	85,8	15,5	99,6	125,3	3,4
Fev	30,6	23,1	89,3	15,4	62,2	445,9	3,3
Mar	30,0	22,7	90,8	15,0	45,5	501,9	3,1
Abr	29,8	23,0	91,7	13,5	33,5	377,8	2,9
Mai	30,6	22,9	89,2	15,9	64,1	209,9	3,3
Jun	30,6	22,1	85,6	18,8	96,5	132,5	3,7
Jul	30,8	21,6	83,4	18,0	131,8	24,9	3,7
Ago	31,8	21,6	78,2	21,4	184,5	1,7	4,6
Set	32,1	22,9	77,3	23,1	219,8	1,0	5,1
Out	32,4	22,8	76,5	22,8	218,6	0,0	5,1
Nov	33,0	23,3	77,4	23,4	212,5	0,0	5,2
Dez	32,8	23,7	78,9	20,0	185,4	37,7	4,6

Fonte: Autor. P = precipitação; MJ m⁻² d⁻¹ = Megajoule por metro quadrado por dia.

O plantio se deu em novembro de 2016, com 255 plantas de coqueiro anão da variedade Verde Brasil de Jequi, em um espaçamento de 8,0 x 8,0 m. Na Figura 1 temos uma visão parcial da área.

Figura 1 - Imagem da área implantada.



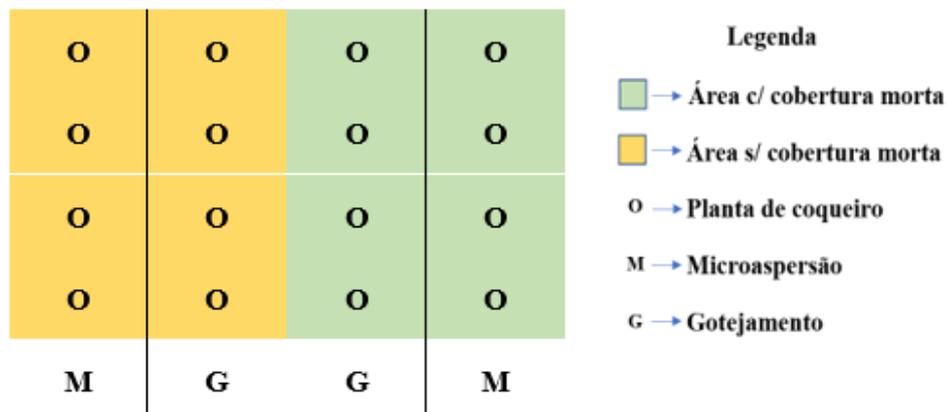
Fonte: Autor.

3.2 Delineamento experimental

O delineamento adotado foi o de blocos casualizados com parcelas subdivididas, em faixas, com fatorial $4 \times 2 \times 2$, tendo lâmina, sistema de irrigação e cobertura morta como fatores estudados, sendo esses dois últimos fatores na subparcela, resultando em dezesseis tratamentos com quatro repetições, totalizando 64 parcelas experimentais.

As plantas ficaram dispostas de modo a formarem parcelas com quatro plantas, conforme a Figura 2. Foram realizadas 12 avaliações no período de 1 ano, ou seja, uma avaliação a cada mês e suas médias usadas na análise de variância e submetidas ao teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

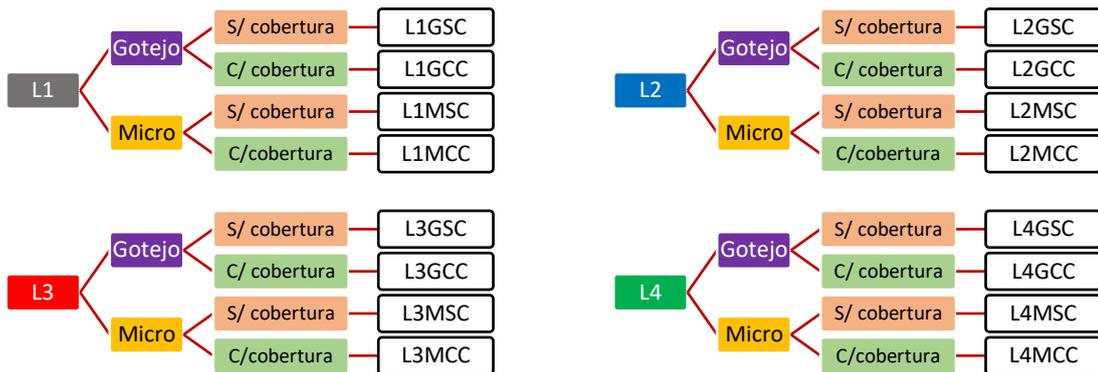
Figura 2 - Croqui da parcela experimental.



Fonte: Autor

3.3 Tratamentos

Os tratamentos foram distribuídos na área aleatoriamente por sorteio para o fator lâmina, enquanto que os demais fatores foram distribuídos alternadamente em faixas, daí o porquê da utilização do delineamento em parcelas subdivididas em faixas. Com isso os tratamentos ficaram organizados e combinados conforme organograma abaixo:



Sendo:

- L1 = Lâmina com 100% da ETc;
- L2 = Lâmina com 75% da ETc;
- L3 = Lâmina com 50% da ETc;
- L4 = Lâmina com 50% da ETc com PRD;
- Gotejo (G) e Micro (M) = Sistemas de irrigação; e,
- Cobertura morta = Sem cobertura (S) e Com cobertura (C).

Dessa maneira temos, que:

- ✓ L1GSC = Lâmina L1, com 100% da ETc + sistema de irrigação por gotejamento + sem cobertura morta;
- ✓ L1GCC = Lâmina L1, com 100% da ETc + sistema de irrigação por gotejamento + com cobertura morta;
- ✓ L1MSC = Lâmina L1, com 100% da ETc + sistema de irrigação por microaspersão + sem cobertura morta;
- ✓ L1MCC = Lâmina L1, com 100% da ETc + sistema de irrigação por microaspersão + com cobertura morta;

- ✓ L2GSC = Lâmina 2, com 75% da ETC + sistema de irrigação por gotejamento + sem cobertura morta;
- ✓ L2GCC = Lâmina 2, com 75% da ETC + sistema de irrigação por gotejamento + com cobertura morta;
- ✓ L2MSC = Lâmina 2, com 75% da ETC + sistema de irrigação por microaspersão + sem cobertura morta;
- ✓ L2MCC = Lâmina 2, com 75% da ETC + sistema de irrigação por microaspersão + com cobertura morta;
- ✓ L3GSC = Lâmina 3, com 50% da ETC + sistema de irrigação por gotejamento + sem cobertura morta;
- ✓ L3GCC = Lâmina 3, com 50% da ETC + sistema de irrigação por gotejamento + com cobertura morta;
- ✓ L3MSC = Lâmina 3, com 50% da ETC + sistema de irrigação por microaspersão + sem cobertura morta;
- ✓ L3MCC = Lâmina 3, com 50% da ETC + sistema de irrigação por microaspersão + com cobertura morta;
- ✓ L4GSC = Lâmina 4, com 50% da ETC com PRD + sistema de irrigação por gotejamento + sem cobertura morta;
- ✓ L4GCC = Lâmina 4, com 50% da ETC com PRD + sistema de irrigação por gotejamento + com cobertura morta;
- ✓ L4MSC = Lâmina 4, com 50% da ETC com PRD + sistema de irrigação por microaspersão + sem cobertura morta; e,
- ✓ L4MCC = Lâmina 4, com 50% da ETC com PRD + sistema de irrigação por microaspersão + com cobertura morta;

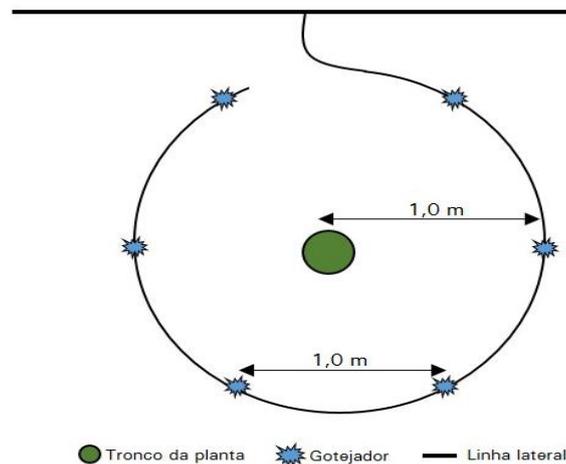
3.4 Sistemas de irrigação

Foram testados dois sistemas de irrigação localizada: o sistema por gotejamento e o sistema por microaspersão.

No sistema de gotejamento, as linhas de gotejadores foram posicionadas em forma de anel auxiliar (Figura 3), a 1,0 m de distância dos estipes dos coqueiros. Nas linhas laterais foram utilizados tubos gotejadores com emissores autocompensantes, com vazão de 2 L h^{-1} , espaçados de 0,5 m, perfazendo um total de 18 gotejadores por planta, com exceção do

tratamento com PRD que funcionou com metade desses emissores, ou seja, 9 gotejadores de cada lado da planta.

Figura 3 - Posicionamento da irrigação por gotejamento no formato anel auxiliar.



Fonte: Adaptado de Nogueira *et al.*, (1997).

No sistema por microaspersão, os microaspersores utilizados apresentavam vazão de 35 L h^{-1} , posicionados a 40 cm da planta, com apenas um emissor por planta. Exceto, o tratamento com PRD que contava com dois emissores por planta com vazão de 20 L h^{-1} , um de cada lado da planta. No entanto, só funcionava um emissor por vez, a cada semana, o qual fornecia uma vazão próxima à metade dos microaspersores utilizados nos demais tratamentos, sendo todos esses controlados pelo tempo de funcionamento da bomba em cada um dos tratamentos.

3.5 Manejo da área

Antes de se iniciar os tratamentos, foram instaladas trinta e duas baterias de tensiômetros, para o monitoramento da umidade no solo nas profundidades de 20 e 60 cm. (Figura 4) e suas leituras foram feitas com a utilização de um tensímetro digital de agulha, todos os dias, com exceção do sábado e do domingo, sempre pela manhã e anotados em planilhas criadas para esse fim. Todo o planejamento da irrigação foi feito com base nos dados climáticos, obtidos através de estação meteorológica instalada na fazenda. Porém se utilizou os tensiômetros de punção para fazer o monitoramento da umidade no solo na zona de raiz.

Figura 4 - Detalhe dos tensiômetros instalados.



Fonte: Autor.

Até 24 meses após o plantio, as plantas receberam as mesmas quantidades de água, fertilizantes e o mesmo tratamento fitossanitário para o controle de pragas e doenças, até o seu completo estabelecimento. Após o período de estabelecimento da cultura, iniciou-se a aplicação dos tratamentos, em outubro de 2018, em que somente as quantidades de água aplicada na irrigação é que foram alteradas.

A partir daí as plantas foram submetidas a lâminas de água correspondentes a 50%, 75% e 100% da ETc e uma quarta lâmina equivalente a 50% da ETc com PRD. Esta se constitui da aplicação da lâmina de 50% da ETc somente em metade da área do coroamento da planta, formando uma área irrigada no formato de uma meia lua.

Após esse período os volumes de água aplicados diariamente nos tratamentos foram programados semanalmente de acordo com a ETc (Evapotranspiração da cultura), calculada a partir do coeficiente de cultivo (K_c), segundo Miranda et al. (2007) e da evapotranspiração de referência (ET_0), que por sua vez foi calculada pelo método Penman-Monteith-FAO, a partir de dados meteorológicos obtidos de uma estação meteorológica do tipo HOBO U30 Station (Figura 5), instalada ao lado da área experimental. Os volumes de irrigação aplicados em cada tratamento foram monitorados diariamente, por meio de hidrômetros instalados em uma linha lateral de cada tratamento de lâmina/sistema de irrigação (Figura 6).

Figura 5 - Imagem da estação meteorológica.



Fonte: Autor.

Figura 6 - Imagem do hidrômetro na saída da linha lateral.



Fonte: Autor.

Com relação ao tratamento L4, no qual estava sendo testado a irrigação com PRD, no momento em que eram feitas as alterações semanais de tempo de irrigação, também era feita a alternância de lado a ser irrigado, abrindo e fechando os registros no início da linha de irrigação do referido tratamento (Figura 7).

Nas plantas irrigadas por microaspersão, do tratamento L4, os microaspersores foram posicionados a 15 cm da planta (Figura 8) alternando o lado irrigado a cada 7 dias.

Figura 7 – Detalhe dos registros no início da linha do tratamento L4.



Fonte: Autor.

Figura 8 - Posição dos microaspersores do tratamento L4.



Fonte: Autor.

3.6 Variáveis analisadas

3.6.1 Análise dos frutos

Uma vez ao mês foram feitas análises dos frutos a campo, coletando de um a dois cachos por planta dependendo do estágio de maturação (5 a 6 meses após a abertura da espátula) e procedendo a contagem manual de todos os frutos. Após esse procedimento coletava-se um

fruto de cada planta, que era transportado para um galpão onde foram realizadas as demais análises.

No galpão o volume de água de coco de cada fruto foi medido com uma proveta graduada em 10 ml.

Assim, de posse do número de frutos por planta e do volume do fruto, o qual era atribuído para todos os frutos da planta, se obteve o volume de água de coco por planta.

Após a leitura do volume do fruto, foi coletada uma pequena alíquota para a medição do teor de sólidos solúveis totais (°brix) utilizando um refratômetro digital modelo PAL-3 da marca Atago.

3.6.2 Produtividade da água (*WP* – *Water Productivity*)

A produtividade da água de irrigação (*WP*) para o coqueiro foi calculada tanto em termos de produção de frutos como também em termos de produção de água de coco, em relação ao volume de água aplicado na irrigação, de acordo com as seguintes equações:

$$WP_{Irf} = \frac{P_f}{I} \quad (1)$$

$$WP_{Ira} = \frac{P_{ac}}{I} \quad (2)$$

Em que:

WP_{Irf} – Produtividade da água em termos de produção de frutos (frutos m^{-3});

WP_{Ira} – Produtividade da água em termos de produção de água de coco ($L m^{-3}$);

P_f – Produtividade de frutos (frutos planta $^{-1}$);

P_{ac} – Produtividade de água de coco ($L planta^{-1}$); e,

I – Volume de água aplicada na irrigação ($m^3 planta^{-1}$).

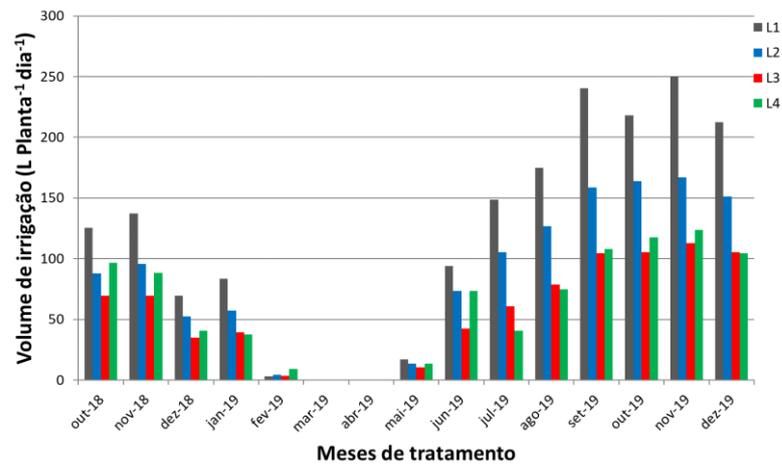
Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias separadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Quantidade de água aplicada na irrigação

O volume de água aplicado na irrigação durante o período de estudo está apresentado na Figura 9. Ao observar os dados constata-se uma alta demanda de água nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro, com pico de 250, 167, 113 e 124 litros dia⁻¹ de média nos tratamentos com L1, L2, L3 e L4, respectivamente.

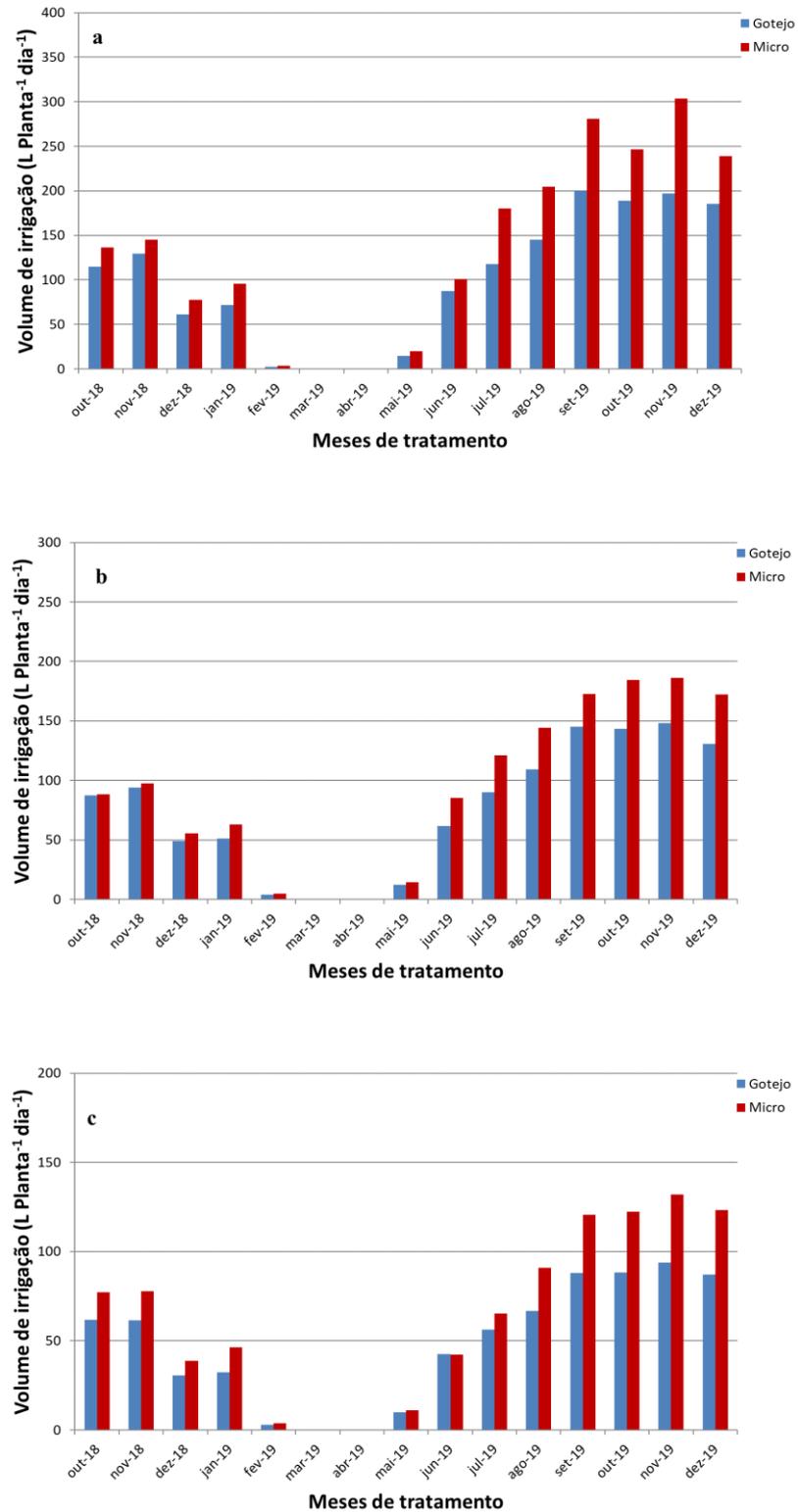
Figura 9 – Volumes médios diários de água aplicados na irrigação dos tratamentos.

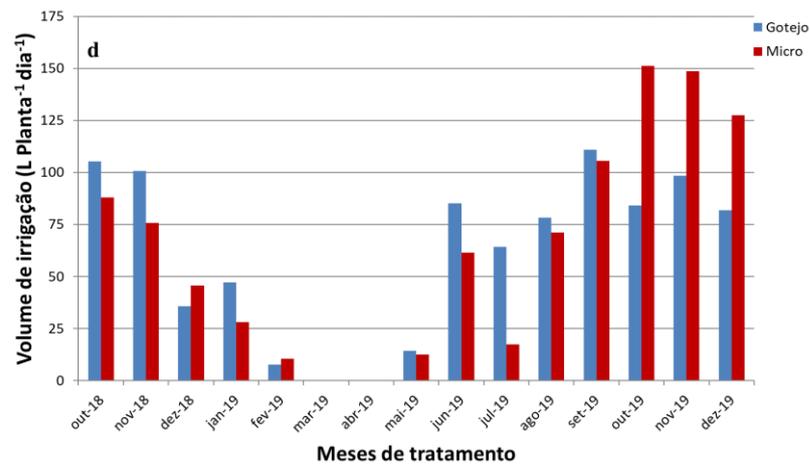


Fonte: Autor

Foi possível diferenciar as aplicações de água por sistema de irrigação, no qual o sistema por microaspersão aplicou um volume de água superior ao sistema por gotejamento (Figura 10). Isso pode ser atribuído a uma alteração na vazão dos microaspersores com o tempo de uso.

Figura 10 – Volumes médios de água aplicados na irrigação dos tratamentos L1 (a), L2 (b), L3, (c) e L4 (d), nos sistemas de gotejamento e microaspersão.



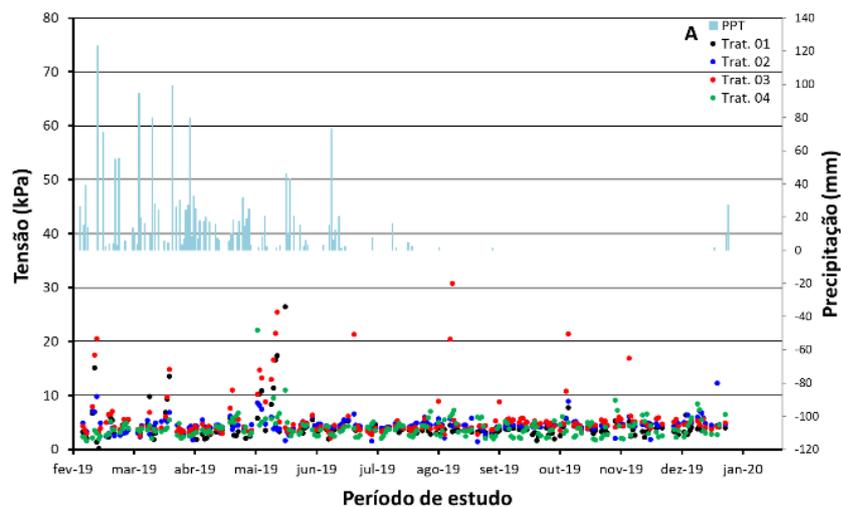


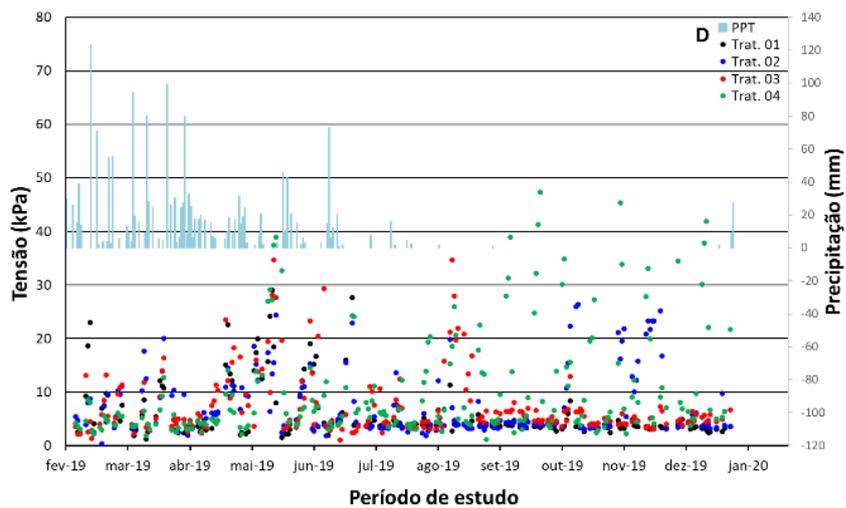
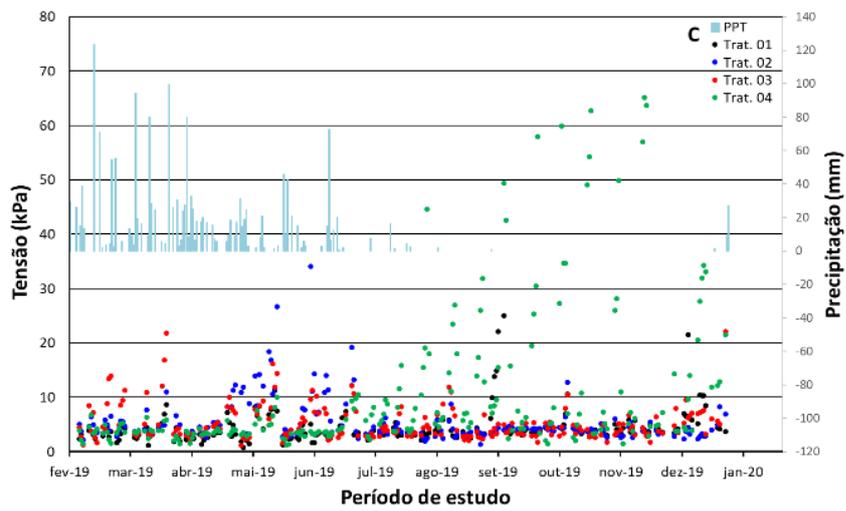
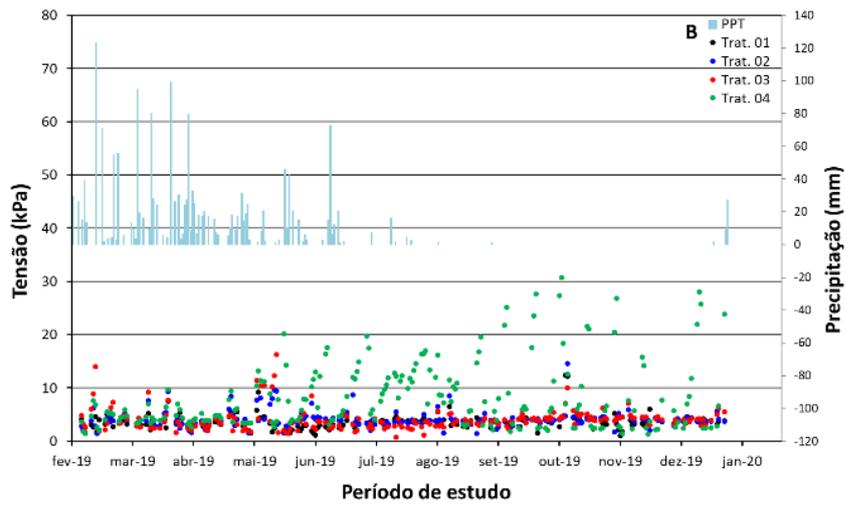
Fonte: Autor

4.2 Monitoramento da umidade do solo

Nas Figuras 11 e 12 estão apresentados dados relacionados ao monitoramento da umidade do solo, por intermédio das leituras das tensões fornecidas pelos tensiômetros em cada tratamento, sendo a Figura 11 a representação das leituras a 20 cm de profundidade e a Figura 12 a 60 cm de profundidade.

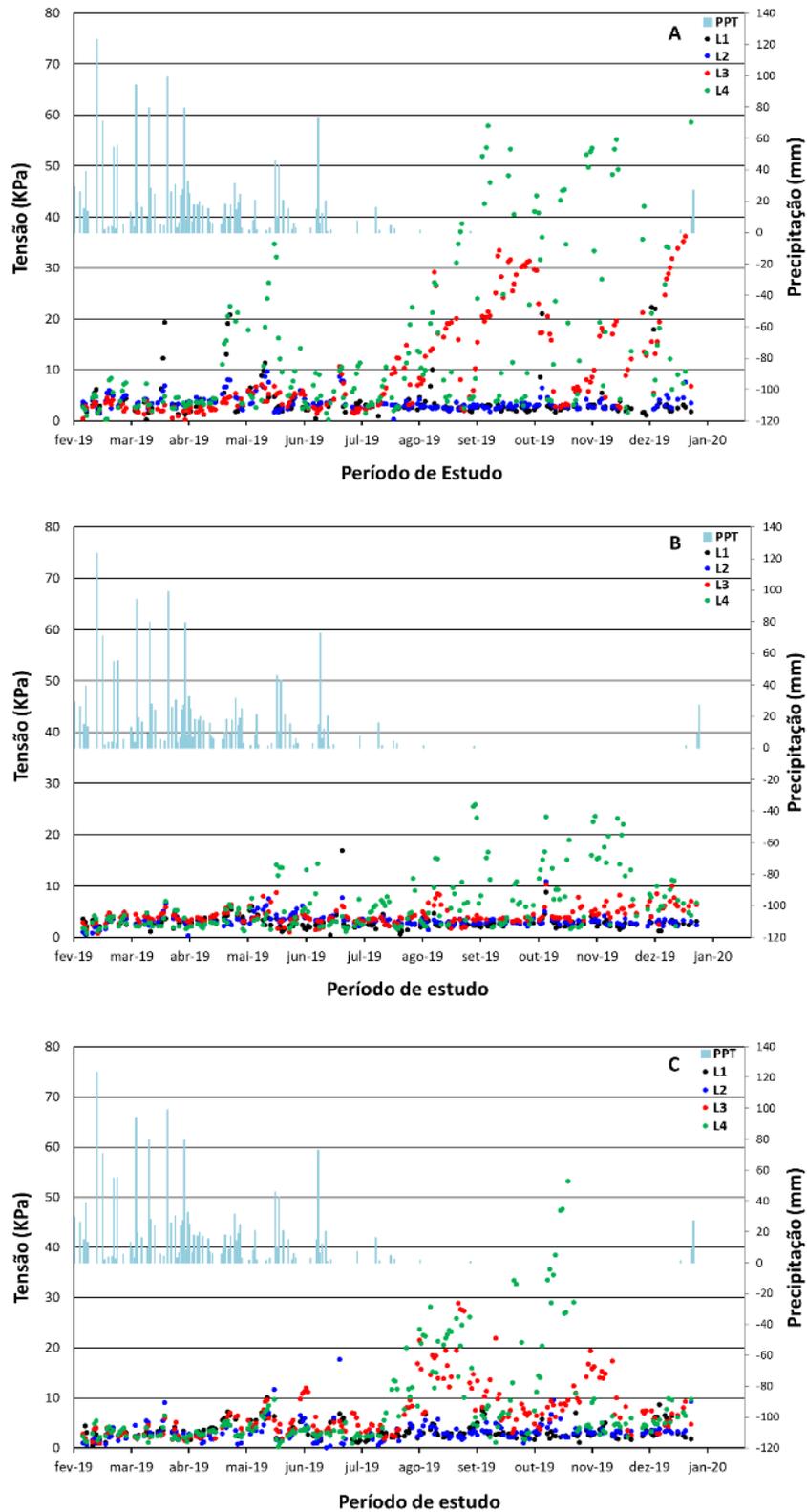
Figura 11 – Média das tensões fornecidas por tensiômetros instalados nos tratamentos: com gotejamento s/ cobertura morta (A), com gotejamento c/ cobertura morta (B), com microaspersão s/ cobertura morta (C) e com microaspersão c/ cobertura morta (D) na profundidade de 20 cm.

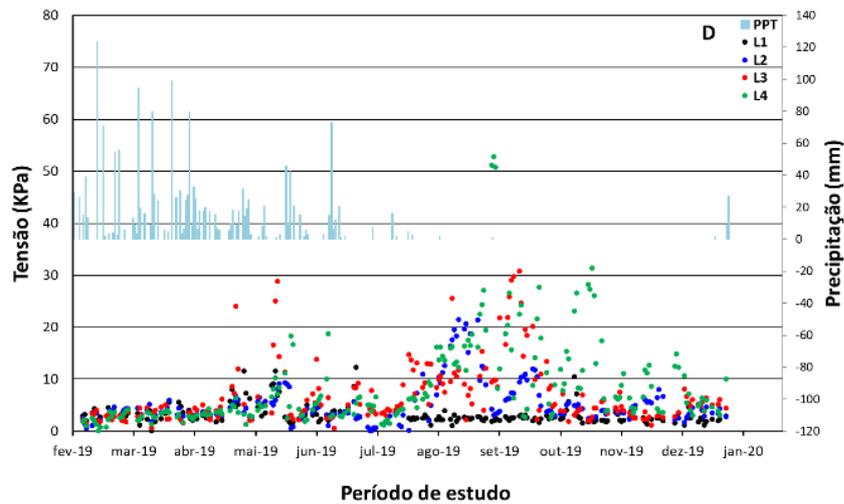




Fonte: Autor.

Figura 12 - Média das tensões fornecidas por tensiômetros instalados nos tratamentos: com gotejamento s/ cobertura morta (A), com gotejamento c/ cobertura morta (B), com microaspersão s/ cobertura morta (C) e com microaspersão c/ cobertura morta (D) na profundidade de 60 cm.





Fonte: Autor.

A 20 cm de profundidade o sistema de irrigação por gotejamento apresentou tensões mais baixas em relação ao sistema de irrigação por microaspersão, principalmente quando a microaspersão vem acompanhada de cobertura morta. Tal fato é explicado por Resende *et al.* (2015) ao afirmar que cerca de 60% da água aplicada na irrigação através do sistema de microaspersão ficam retidos na cobertura morta, fato esse que não ocorre com o gotejamento pelo fato dos emissores já estarem abaixo da cobertura. Em relação a profundidade de 60 cm a situação se repete, porém com uma menor variação das tensões pois nesta profundidade a umidade tende a ficar mais alta em relação as camadas superiores.

4.3 Análise de Variância

A análise de variância revelou que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos de lâmina de irrigação para todas as variáveis avaliadas (Tabela 3). Houve diferenças significativas entre os tratamentos de sistemas de irrigação para as variáveis produção de frutos por planta, volume de água de coco do fruto e produção de água de coco por planta. O uso de cobertura morta não afetou significativamente nenhuma das variáveis avaliadas. Não se observou interações entre os tratamentos de lâminas, sistemas de irrigação e cobertura morta.

Tabela 2 – ANOVA da produção de frutos por planta (FP), volume de água de coco por fruto (VAF), teor de sólidos solúveis totais (SST) e produção de água de coco por planta (PAC).

F.V.	G.L.	F			
		FP	VAF	SST	PAC
Tratamento	24				
Erro	39	2,69*	7,50*	6,21*	5,44*
Total	63				
Bloco (B)	3	0,37ns	3,46*	1,78ns	1,07ns
Lâmina (L)	3	10,56*	48,41*	40,37*	28,24*
Sistema (S)	1	16,81*	11,19*	0,21ns	27,14*
Cobertura (C)	1	1,11ns	0,60ns	4,46ns	2,13ns
S * B	3	1,31ns	0,30ns	0,70ns	0,71ns
C * B	3	0,27ns	0,88ns	2,60ns	0,67ns
L * S	3	1,32ns	1,07ns	1,89ns	1,20ns
L * C	3	0,98ns	1,16ns	0,40ns	1,22ns
S * C	1	0,00ns	0,15ns	0,01ns	0,28ns
L * S * C	3	0,72ns	0,76ns	0,36ns	0,54ns
CV (%)		14,24	5,37	2,32	16,10

*: significativo ao nível de 5% de significância pelo teste F.

Fonte: Autor.

4.4 Produção de frutos

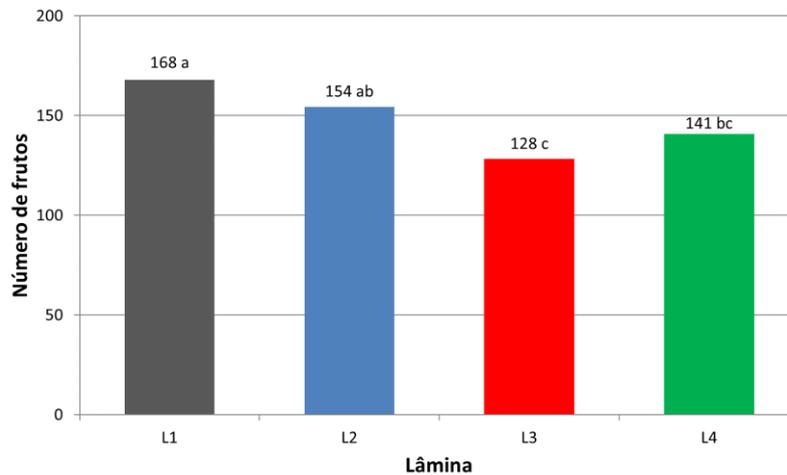
À medida que se reduziu a lâmina de irrigação, houve diminuição na média do número de frutos. A maior quantidade de frutos se deu nas plantas com a aplicação da lâmina L1, ou seja, aplicação de 100% da ETc, com 168 frutos por planta ao longo de 12 meses de colheita, a qual não diferiu estatisticamente da lâmina L2 (75% da ETc), sendo ambas superiores à L3 (50% da ETc) (Figura 13).

Os valores obtidos com a lâmina L1 (100% da ETc) foram superiores aos valores citados por Miranda *et al.* (2019), em plantas de coqueiro anão verde com cinco anos de idade no município de Camocim, em que foram obtidos valores médios de 139 frutos planta⁻¹ ano⁻¹ e semelhantes ao encontrado, pelo mesmo autor, no Município de Paracuru-CE em que foram encontrados valores médios de 166 frutos planta⁻¹ ano⁻¹.

Já para a lâmina L2 (75% da ETc), o valor encontrado ficou acima do encontrado na propriedade de Camocim e abaixo do que foi encontrado na propriedade de Paracuru. A produção de frutos da lâmina L4 não foi superior a L3, sendo que nestes tratamentos a quantidade de água foi a mesma, ou seja, 50% da ETc e a diferença entre essas duas lâminas é que a L4 foi manejada com PRD. Também não foi inferior à lâmina L2, mesmo aplicando 25% menos de água (Figura 13).

A redução de 25% na lâmina de irrigação (75% ETc) causou uma redução média de 9% na produtividade de frutos, enquanto que a redução de 50% na lâmina de irrigação (50% ETc) causou uma redução de 24% na produtividade de frutos.

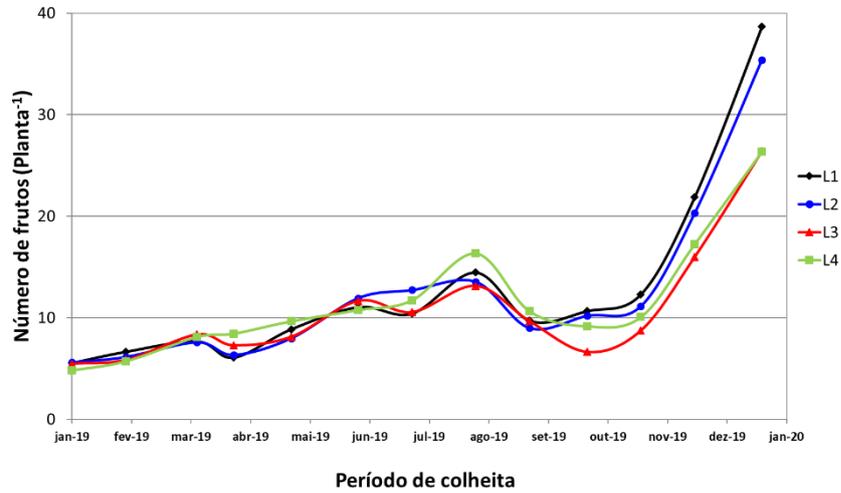
Figura 13 – Número de frutos por planta por ano em função das lâminas de irrigação aplicadas



Fonte: Autor. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Quando se analisa a produção de frutos ao longo do ano, se observa que no início das colheitas (início do ano), as plantas não apresentavam diferença entre as lâminas, fato esse que pode ser atribuído a influência da irrigação ser semelhante antes da diferenciação dos tratamentos (até setembro de 2018), como também pode ser devido ao fato dessa época coincidir com o início do período de chuvas na região. No entanto, a partir de agosto/2019, nos meses de maior demanda hídrica, os tratamentos com maior lâmina de irrigação se sobressaíram (Figura 14).

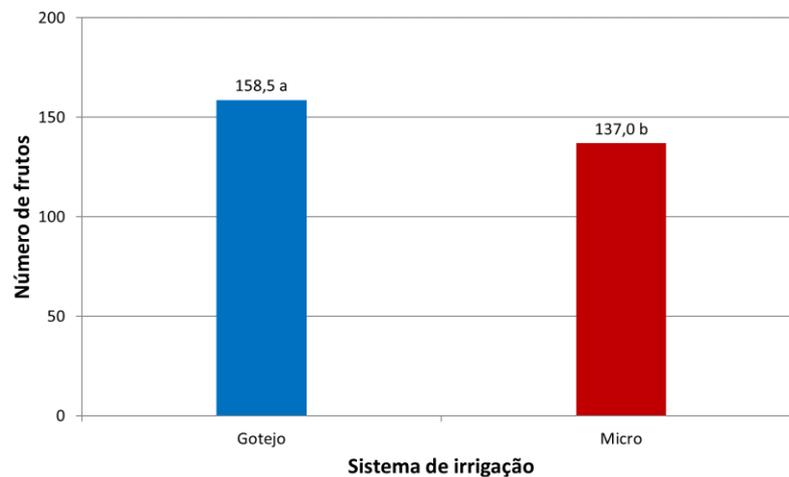
Figura 14 – Número de frutos por planta, em função das lâminas de irrigação, ao longo do período de colheita.



Fonte: Autor

Com relação ao fator sistema de irrigação, pode ser observado na Figura 15 que as maiores médias de produtividade de frutos foram obtidas com a utilização do sistema de irrigação por gotejamento.

Figura 15 – Número de frutos por planta por ano, em função do sistema de irrigação utilizado.

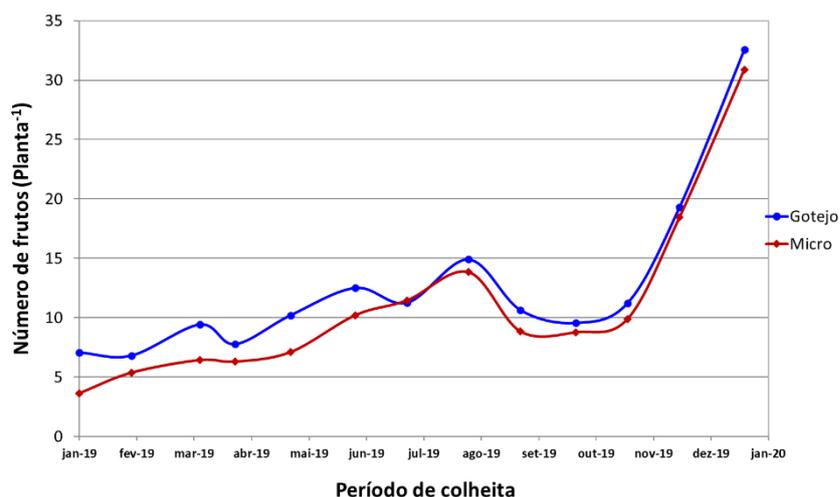


Fonte: Autor. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Embora os volumes de água aplicados pelo sistema de microaspersão fossem superiores ao sistema de gotejamento, as plantas irrigadas por microaspersão apresentaram

produtividade média cerca de 13% mais baixa em relação às plantas irrigadas por gotejamento, comportamento observado praticamente ao longo de todo o período avaliado (Figura 16).

Figura 16 – Variação mensal da produção de frutos de plantas de coqueiro anão irrigadas por gotejamento e microaspersão.

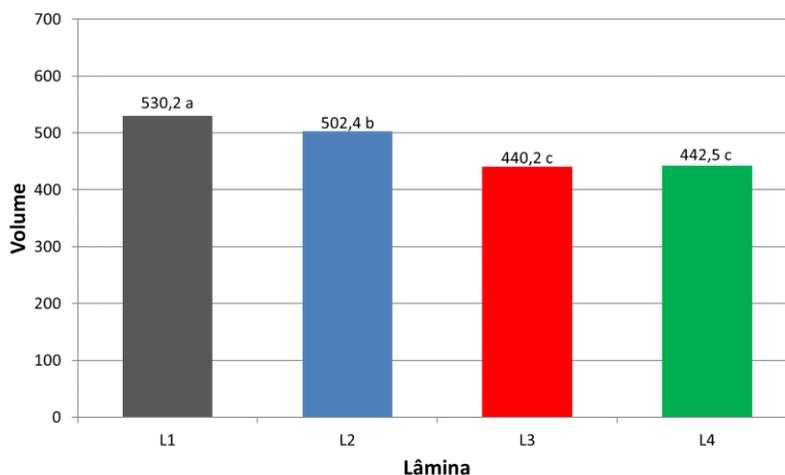


Fonte: Autor

4.5 Volume de água de coco por fruto

Para a variável volume de água de coco por fruto, verifica-se que ao aumentar o déficit hídrico o volume de água de coco nos frutos diminui (Figura 17). O tratamento L1, ou seja, 100% da ETc foi superior aos demais tratamentos, seguido dos tratamentos L2 e L3. Não houve diferença significativa entre os tratamentos L3 e L4.

Figura 17 – Volume médio de água de coco produzido por fruto ao longo do ano, em função das lâminas de irrigação aplicadas.



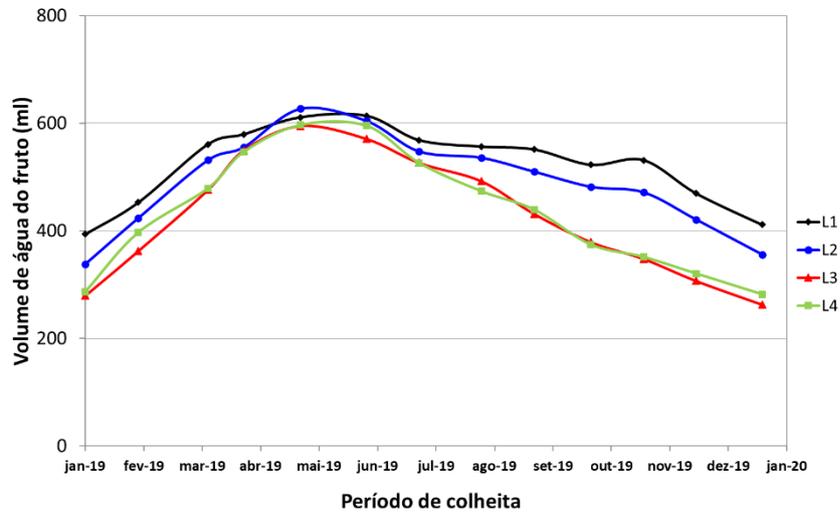
Fonte: Autor. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

O valor médio de volume de água por fruto do tratamento L1 (530,2 ml de água de coco por fruto) foi superior aos valores encontrados por Miranda *et al.* (2008), os quais observaram valores médios de 500 ml de água de coco por fruto nos meses de abril a agosto e 400 ml nos meses de dezembro a fevereiro.

Para a variação do volume de água de coco por fruto ao longo do período de colheita foi constatado que houve um aumento considerável desse volume nos meses de abril, maio, junho e julho (Figura 18). Miranda *et al.* (2008) atribuem esse aumento do volume de água dos frutos nesses meses à estação chuvosa e às condições climáticas favoráveis para o coqueiro nesse período. No entanto, à medida que avançam os meses de seca, os volumes de água dos frutos diminuem e as diferenças entre os tratamentos de lâminas de irrigação se tornam maiores. Em geral, quanto maior o déficit na irrigação, maior a redução do volume de água dos frutos ao longo do período seco.

Os frutos das plantas que receberam a lâmina de irrigação equivalente a 50% da ETc chegam a apresentar volume de água inferior a 300 mL ao final do ano, o que é indesejado pelas indústrias processadoras de água de coco.

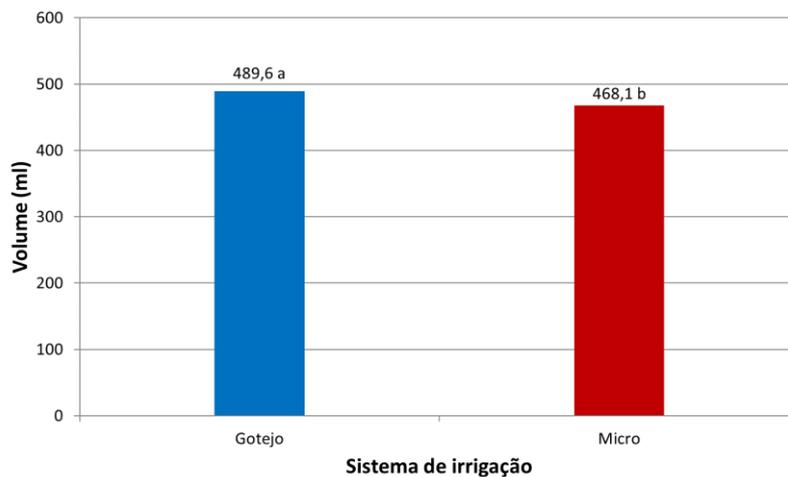
Figura 18 – Variação mensal do volume de água de coco por fruto em relação as lâminas durante o período de colheita.



Fonte: Autor

Com relação ao fator sistema de irrigação, a irrigação por gotejamento apresentou volume médio de água de coco por fruto superior ao sistema por microaspersão (Figura 19).

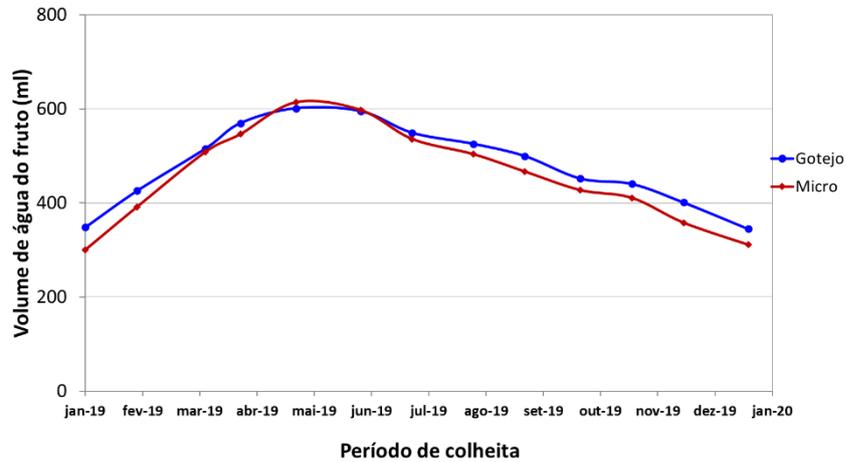
Figura 19 – Volume médio de água de coco por planta de coqueiro irrigadas por gotejamento e microaspersão.



Fonte: Autor. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Praticamente ao longo de todo o período de colheita o sistema por gotejamento se manteve com volume de água por planta acima das médias do sistema por microaspersão (Figura 20).

Figura 20 – Variação mensal do volume de água de coco por fruto em plantas de coqueiro irrigadas por microaspersão (M) e gotejamento (G).



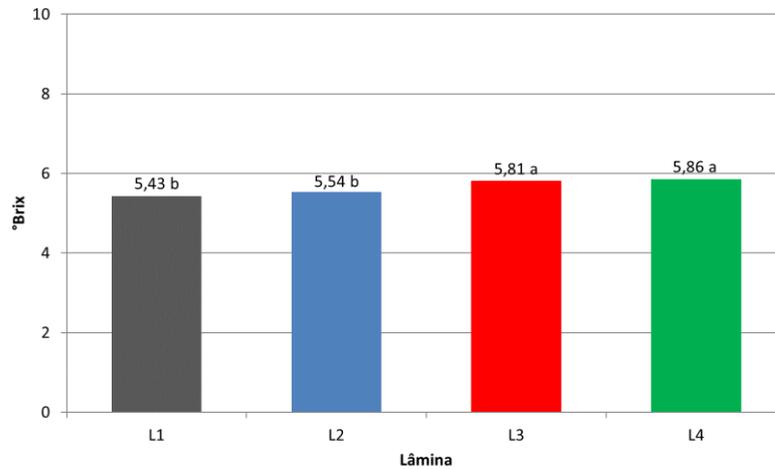
Fonte: Autor

4.6 Sólidos solúveis totais (°brix)

Para a variável sólidos solúveis totais (°brix), houve diferenças significativas entre os tratamentos apenas para o fator lâmina de irrigação, com os valores de brix aumentando apenas nas plantas irrigadas com 50% da ETc (Figura 21).

Esses dados são corroborados com a afirmação de Teixeira *et al.* (2005), em que situações onde há um maior volume de água de coco no fruto pode-se encontrar valores menores de sólidos solúveis em razão de uma possível diluição. Tal comportamento também foi citado por Araújo (2019), trabalhando com plantas de coqueiro anão com quatro anos de idade, no município de Camocim-Ce.

Figura 21 – Teor de sólidos solúveis totais (°brix) da água de coco produzida pelas plantas, em função das lâminas de irrigação aplicadas.

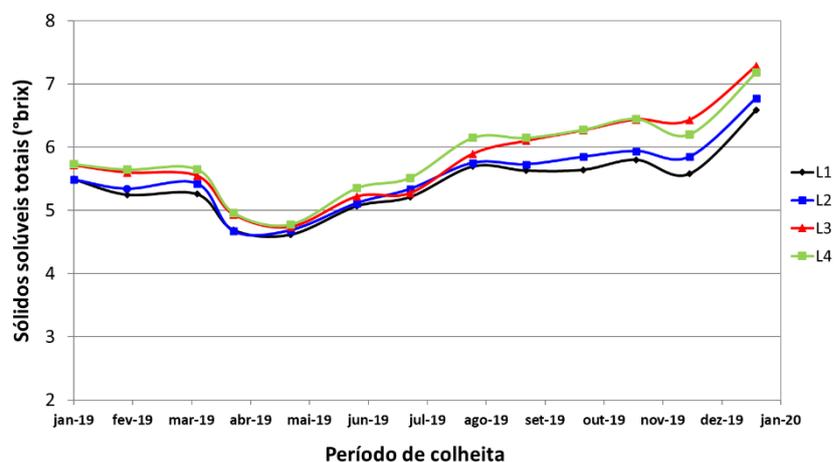


Fonte: Autor. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

O brix médio variou de 5,4 a 5,9, valores esses acima do limite mínimo exigido pelas agroindústrias de extração e envase de água de coco verde da região, embora não haja definição quanto ao valor mínimo exigido, entretanto alguns autores citam valores acima de 5,0 °brix. (ARAGÃO *et al.*, 2002; ARAÚJO, 2003; JACKSON *et al.*, 2004).

Ao longo do período de colheita dos tratamentos houve variação nos valores médios do teor de sólidos solúveis, com a diferenciação entre os tratamentos sendo encontrada nos meses de maior demanda hídrica (Figura 22).

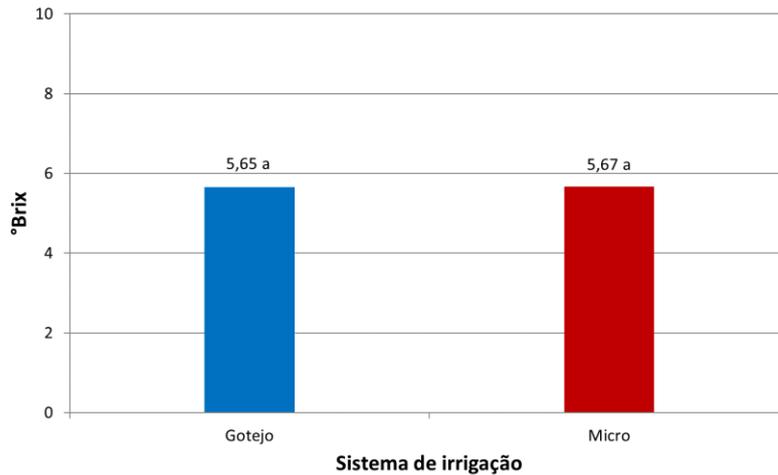
Figura 22 – Variação do teor de sólidos solúveis totais (°brix) ao longo do período de colheita em função das lâminas de irrigação aplicadas.



Fonte: Autor

Quanto ao fator sistema de irrigação, não houve diferenças significativas entre os tratamentos e os dois sistemas apresentaram médias em torno de 5,6, conforme Figura 23.

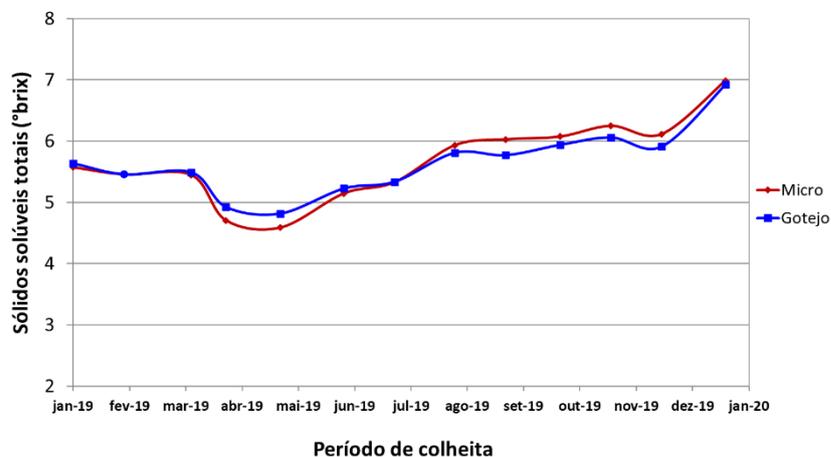
Figura 23 – Valores médios do teor de sólidos solúveis totais (°brix) em relação ao fator sistema de irrigação.



Fonte: Autor. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Os valores médios de sólidos solúveis se mantiveram muito próximos, no que diz respeito ao fator sistema de irrigação durante todo o período de tratamento, sendo observadas variações de quase que de mesma intensidade em ambos os casos, conforme Figura 24.

Figura 24 –Variação mensal do teor de sólidos solúveis totais (°brix) na água de coco em plantas de coqueiro irrigadas por microaspersão (M) e gotejamento (G).



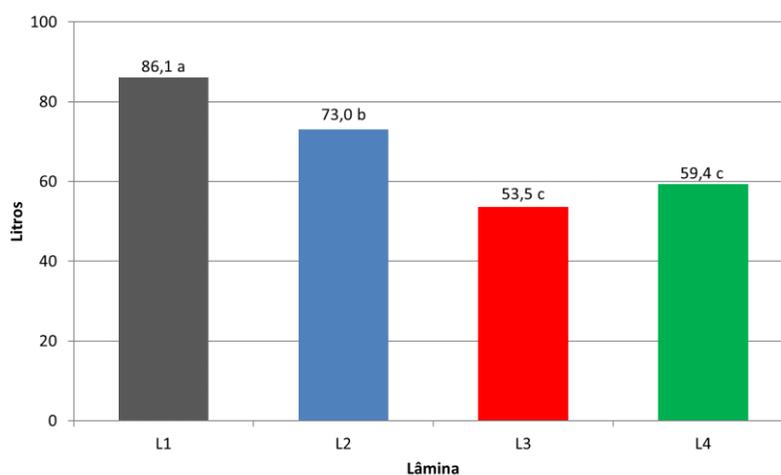
Fonte: Autor

4.7 Produção de água de coco por planta

Para a variável produção de água de coco por planta, o comportamento foi semelhante ao volume de água de coco por fruto (Figura 25).

Observou-se que os tratamentos com L1 e L2 apresentaram os maiores volume médios de água de coco por planta com 86,1 e 73 litros de água de coco por planta, respectivamente. Tais valores foram superiores aos encontrados por Miranda *et al.* (2019) trabalhando com plantas de coqueiro anão com cinco anos de cultivo em duas propriedades no litoral cearense, no qual foram encontrados valores médios de 64 e 59,6 litros de água de coco planta⁻¹ ano⁻¹. Com relação ao tratamento com L4, foram encontrados valores de 59,4 litros de água de coco planta⁻¹ em 12 meses, valor esse muito próximo ao já citado anteriormente por Miranda *et al.* (2019). Não houve diferença significativa entre os tratamentos L3 e L4, em que foi aplicada a lâmina equivalente à 50% ETc, mostrando que o uso da técnica de secamento parcial do sistema radicular (PRD) não alterou significativamente a produção de água de coco das plantas de coqueiro.

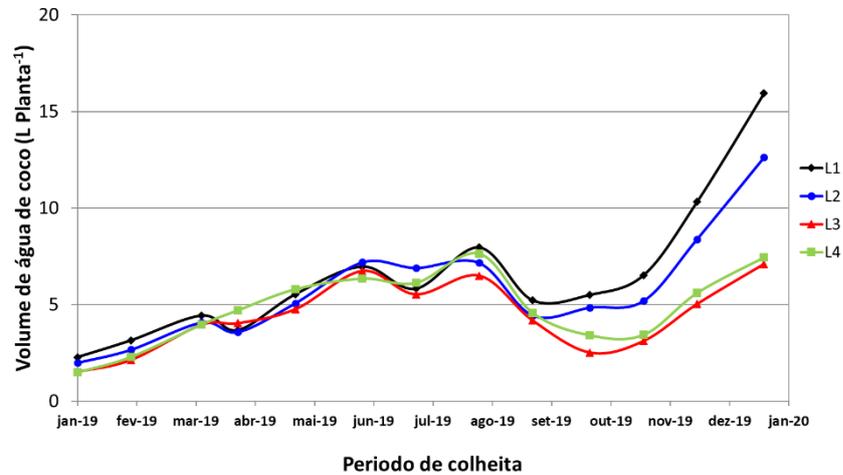
Figura 25 – Produção de água de coco em litros por planta, em função das lâminas de irrigação aplicadas.



Fonte: Autor. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Observou-se variação da produção de água de coco por planta ao longo do período de colheita, com as diferenças entre os tratamentos mais acentuadas durante a estação seca, na qual os tratamentos com déficit hídrico apresentaram redução da produção de água em relação à irrigação plena (100% ETc) (Figura 26).

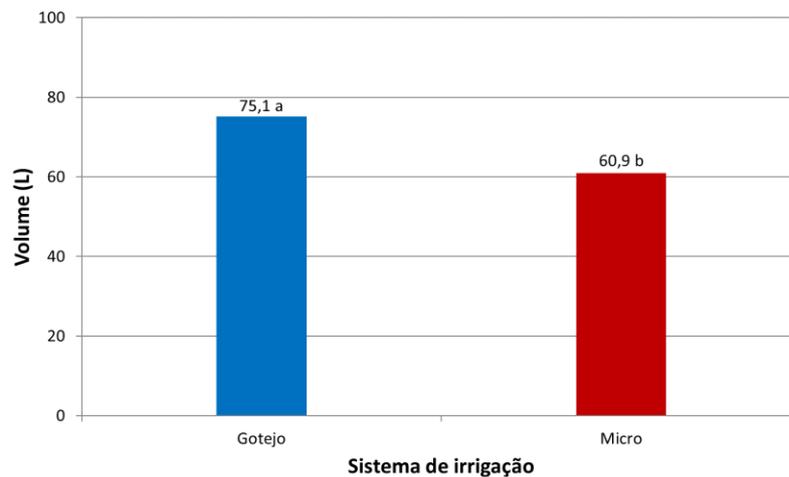
Figura 26 – Variação mensal do rendimento de água de coco por planta (L) em relação ao fator lâmina ao longo do período de colheita.



Fonte: Autor.

Em relação ao fator sistema de irrigação, novamente as médias obtidas com o sistema por gotejamento foram superiores quando comparadas com o sistema por microaspersão (Figura 27).

Figura 27 – Produção de água de coco por planta de plantas de coqueiro anão com 3-4 anos de idade, irrigadas por gotejamento e microaspersão. Paraipaba-CE, 2019.

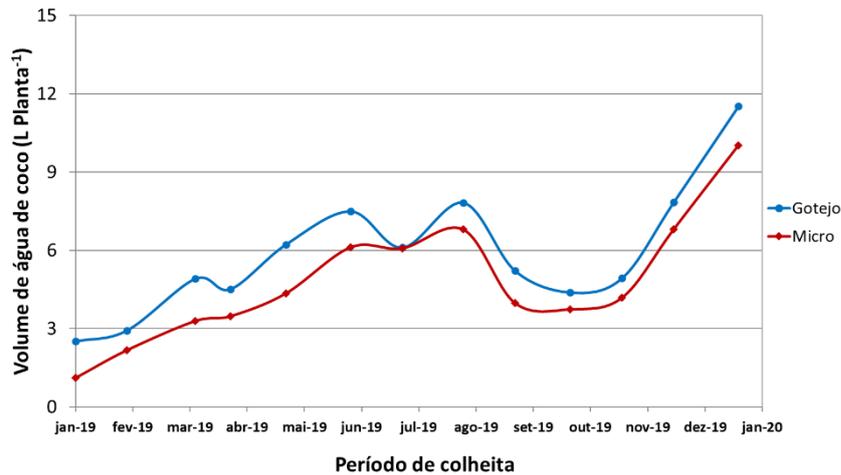


Fonte: Autor. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Observou-se que as plantas irrigadas por gotejamento produziram um volume de água de coco 23% maior que as plantas irrigadas por microaspersão. Essa superioridade ocorreu em quase todos os meses do ano (Figura 28) e pode ser atribuída ao melhor aproveitamento da

água aplicada na irrigação, com menores perdas de água por evaporação e arraste pelo vento observadas na irrigação por gotejamento.

Figura 28 – Variação mensal da produção de água de coco por planta em plantas de coqueiro irrigadas por microaspersão (M) e gotejamento (G). Paraipaba-CE, 2019.



Fonte: Autor

4.8 Produtividade da água (WP)

Para produtividade da água em relação a produção de frutos, foram obtidos resultados variando de 3,80 a 6,42 frutos m⁻³, observando-se que a redução da lâmina aplicada aumenta a eficiência de uso da água (Tabela 4), corroborando com resultados relatados por Carr (2011) e Ó (2017). Entretanto, os valores obtidos foram superiores, em termos absolutos, aos encontrados por Ó (2017), também trabalhando com coqueiro anão no município de Camocim-CE, onde foram encontrados valores de 1,54, 1,58 e 2,22 para lâminas de 100%, 75% e 50% da ETc, respectivamente.

Tabela 3 – Valores médios de produtividade de frutos (P_f), produtividade de água de coco (P_{ac}), volumes de irrigação aplicados por planta (I), produtividade da água de irrigação em termos de frutos (WP_{Irf}) e produtividade da água de irrigação em termos da produção de água de coco (WP_{Ira}). Paraipaba- CE, 2019.

Tratamento	I (m^3 planta ⁻¹ ano ⁻¹)	P_f^* (frutos planta ⁻¹ ano ⁻¹)	P_{ac}^* (L planta ⁻¹ ano ⁻¹)	WP_{Irf}^* (frutos m^{-3})	WP_{Ira}^* (L m^{-3})
<i>Lâmina de Irrigação</i>					
100% ETc	44,1	167,8	86,1	3,80 c	1,95 c
75% ETc	30,1	154,4	73,0	5,13 b	2,42 b
50% ETc	20,3	128,2	53,5	6,32 a	2,63 a
50% ETc PRD	21,9	140,7	59,4	6,42 a	2,71 a
<i>Método de irrigação</i>					
Gotejamento	25,4	158,5	75,1	6,24 a	2,96 a
Microaspersão	32,8	137,0	60,9	4,18 b	1,86 b

* Médias seguidas da mesma letra dentro de cada coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Autor.

Com relação a produtividade da água em relação a produção de água de coco, a produtividade da água de irrigação variou de 1,95 a 2,71 L de água de coco por m^3 de água aplicada na irrigação e novamente constatou-se uma relação inversa entre a lâmina de irrigação aplicada e a produtividade da água de irrigação (Tabela 4), fato esse que também foi relatado por Carr (2011) e Ó (2017). Novamente se obteve valores superiores aos encontrados por Ó (2017), onde foram determinados valores de 0,635, 0,617 e 0,766 para lâminas de 100%, 75% 50% da ETc, respectivamente.

Com relação aos sistemas de irrigação, o gotejamento apresentou produtividade da água superior ao sistema de microaspersão tanto para a produção de frutos, quanto para a produção de água de coco. Em média, a produtividade da água obtida com o gotejamento foi cerca de 49% superior à produtividade da água de irrigação obtida com a microaspersão em termos de produção de frutos e 59% superior em termos da produção de água de coco.

5 CONCLUSÕES

A irrigação com déficit sustentado (75% da ETc e 50% da ETc) reduziu a produtividade de frutos e a produção de água de coco por planta em relação à irrigação plena. Por outro lado, a irrigação com déficit aumentou os sólidos solúveis totais da água de coco e a produtividade da água de irrigação em termos de frutos e água de coco.

A irrigação com a lâmina de 50% da ETc e secagem parcial do sistema radicular (PRD) não apresentou diferenças significativas em relação ao tratamento que recebeu a mesma lâmina de irrigação para as variáveis avaliadas.

A irrigação por gotejamento apresentou médias de produtividades de frutos, de água de coco e produtividade da água de irrigação, significativamente superiores à irrigação por microaspersão, mostrando que é uma boa alternativa para aumentar a eficiência de uso da água na irrigação do coqueiro.

O uso de cobertura morta não influenciou nos resultados obtidos.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA (BRASIL). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018: informe anual / Agência Nacional de Águas. -- Brasília: ANA, 2018. 72p.
- ARAGÃO, W. M.; RIBEIRO, F.E.; TUPINAMBÁ, E. A.; SIQUEIRA, E. R. **Variedades e híbridos do coqueiro**. In: ARAGÃO, W.M. (Ed.). Coco pós-colheita. Brasília: EMBRAPA, 26-34p. (Série Frutas do Brasil, 29), 2002.
- ARAÚJO, B. de A. **Respostas fisiológicas do coqueiro anão verde sob diferentes lâminas de irrigação**. 2019. 72 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.
- ARAÚJO, M. V. **Ponto de colheita e armazenamento refrigerado de coco anão verde (Cocos nucifera L.), sob atmosfera modificada**. 2003. 61 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró, 2003.
- ARAÚJO, T. A. **Caracterização e classificação de solos desenvolvidos na formação Barreira em Paraipaba-CE**. 2018. 46 f. Monografia (graduação em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.
- BALLESTER, C.; CASTEL, J.; INTRIGLIOLO, D. S.; CASTEL, J. R. Response of Clementina de Nules citrus trees to summer deficit irrigation. Yield components and fruit composition. **Agricultural Water Management**, v. 98, p.1027–1032, 2011.
- BRAINER, M. S. de C. P. Produção de coco: o Nordeste é destaque nacional. **Caderno Setorial Etene**, n. 61, 25p, 2018.
- CAMBOIM NETO, L. DE F. **Coqueiro-anão verde**: influência de diferentes lâminas de irrigação e de percentagens de área molhada no desenvolvimento, na produção e nos parâmetros físico-químicos do fruto. 121 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2002.
- CARR, M. K. V. The water relations and irrigation requirements of coconut (Cocos nucifera L.): a review. **Experimental Agriculture**, v. 47, n. 1, p.27-51, 2011.
- CHRISTOFIDIS, D. Água, irrigação e agropecuária sustentável. **Revista de Política Agrícola**, v. 22, n. 1, p. 115-127, 2013.
- CINTRA, F. L. D.; FONTES, H. R. Cobertura Morta com Folhas Secas do Coqueiro em Sistemas de Produção de Coco Irrigado. In: **Seminário sobre Manejo Sustentável para a Cultura do Coqueiro Resultados de Pesquisas e Estudo de Casos**. 2017. Aracaju. Anais, Brasília, DF. Embrapa. p 13 – 35. 2017.
- CINTRA, F. L. D.; RESENDE, R. S.; LEAL, M. de L. da 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 Ciências do Solo**, v. 33, n.1, p.1041-1051, 2009.
- COTRIM, C. E.; COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; RAMOS, M.M.; CECON, P. R. Regulated deficit irrigation and Tommy Atkins mango orchard productivity under

microsprinkling in brazilian semi-arid. **Engenharia Agrícola**, v.31, n.6, p.1052-1063, 2011.

EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Tabuleiros Costeiros (Aracaju, SE). **Recomendações técnicas para o cultivo do coqueiro**. Aracaju, 1993. 49 p.
EMBRAPACPATC. Circular Técnica, 1.

FERERES, E.; SORIANO, M. A. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. Special issue on 'Integrated approaches to sustain and improve plant production under drought stress' **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 58, p.147–159, 2007.

FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. **A cultura do coqueiro no Brasil**. 3 ed. Brasília: EMBRAPA, 2018. 508 p.

GONDIM, R. S.; CASTRO, M. A. H. de; TEIXEIRA, A. dos S.; MEDEIROS, S. R. Impactos das mudanças climáticas na demanda de irrigação da bananeira na Bacia do Jaguaribe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 6, p. 594-600, 2011.

HOWELL, T. Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. **Agronomy Journal**, v. 93, n. 2, p.281-289, 2001.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Produção agrícola municipal**. 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613#resultado>. Acesso em: 24 mar. 2020.

JACKSON, J.C.; GORDON, A.; WIZZARD, G.; McCOOK, K.; ROLLE, R. Changes in chemical composition of coconut (*Cocos nucifera* L.) water during maturation of the fruit. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Easton, v.84, p.1049-1052, 2004.

JAYAKUMAR, M.; SASEENDRAN, S. A.; HEMAPRABHA, M. Crop coefficient for coconut (*Cocos nucifera* L.): a lysimetric study. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 43, p. 235-240, 1988.

LEIB, B. G.; CASPARI, H. W.; REDULLA C. A.; ANDREWS P. K.; JABRO, J. J. Partial rootzone drying and deficit irrigation of 'Fuji' apples in a semi-arid climate. **Irrigation Science**, v. 24, p. 85-99, 2006.

MARTINS, C. R., JESUS JÚNIOR. **"Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional: panorama 2010."** Embrapa Tabuleiros Costeiros-Documents, 2011.

MIRANDA, F. R. de.; GOMES, A. R. M. **Manejo da irrigação do coqueiro-anão**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006. 8 p.

MIRANDA, F. R. ; GOMES, A. R. M.; OLIVEIRA, C. H. C. ; MONTENEGRO, A. A. T.; BEZERRA, F. M. 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.

MIRANDA, F. R.; FREITAS, J.; MAIA, A.; & de SANTANA, M. G. S. Comportamento reprodutivo e qualidade da água dos frutos do coqueiro-anão irrigado no Vale do Curu, Ceará. **Embrapa Agroindústria Tropical-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 2008.

MIRANDA, F. R.; ROCHA, A. B. S.; GUIMARAES, V. B.; DA SILVA, E. S.; LIMA, G. C. M.; SANTOS, M. M. S. Eficiência do uso da água na irrigação do coqueiro anão. **Irriga**, Botucatu, v. 24, n. 1, p. 109-124, 2019.

NOGUEIRA, L. C.; NOGUEIRA, L. R. Q.; MIRANDA, F. R. Irrigação do coqueiro. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. (ed.). *A cultura do coqueiro no Brasil*. 2. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 1997. p. 159-187.

Ó, L. M. G. do. **Fisiologia e produção de plantas de coqueiro anão sob diferentes níveis de irrigação**. 2017. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

OHLER, J. G. **Modern coconut management: palm cultivations and products**. London: FAO, 458 p. 1999.

RAO, A. S. Water requirements of young coconut palms in a humid tropical climate. **Irrigation Science**, n. 10, p. 245-249, 1989.

RESENDE, R. S.; SANTOS, H. R.; AMORIM, J. R. A de; SOUSA, A. G. S. MENESES, T. N. Efeito da cobertura morta no padrão de distribuição de água em microaspersão. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. Fortaleza, v. 9, n. 5, p 278 – 286, set. 2015.

ROUPSARD, O.; BONNEFOND, J. M.; IRVINE, M.; BERBIGIER, P.; NOUVELLON Y.; DAUZAT, J.; HAMEL, O.; JOURDAN, C.; SAINT-ANDRÉ, L.; MIALET-SERRA, I.; LABOUISSÉ, J. P.; EPON, D.; JOFFRE, R.; BRACONNIER, S.; ROUZIÈRE, A.; NAVARRO, M.; BOUILLET, J. P. Partitioning energy and evapo-transpiration above and below a tropical palm canopy. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.39, p.252–268, 2006.

SAMPAIO, A. H. R.; COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; ROSSINI, D.; 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.

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.

SIQUEIRA, E. R.; RIBEIRO, F. L.; ARAGÃO, W. M. **Melhoramento genético do coqueiro**. In: FERREIRA, J.M.S.; WARWICK, D.R.N.; SIQUEIRA, L.A. (Ed.) **A cultura do coqueiro no Brasil**. Aracaju: EMBRAPA-SPI, p. 73-98.1998.

TEIXEIRA, L. A. J.; BATAGLIA, O. C.; BUZETTI, S.; FURLANI JUNIOR, E.; ISEPON, J. D. S. Adubação com NPK em coqueiro-anão-verde (*Cocos nucifera* L.) rendimento e qualidade de frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.27, n.1, p.120-123, 2005.

TYAGI, A. C. Irrigation and drainage for global food security: outcomes of first world irrigation forum. **Irrigation and Drainage**, v. 62, p.708–709, 2013.