



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

BEATRIZ DE ABREU ARAÚJO

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DO COQUEIRO ANÃO VERDE SOB DIFERENTES
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

FORTALEZA

2019

BEATRIZ DE ABREU ARAÚJO

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DO COQUEIRO ANÃO VERDE SOB DIFERENTES
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola/Irrigação e Drenagem, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração : Irrigação e Drenagem

Orientador: Dr. Marlos Alves Bezerra

FORTALEZA

2019

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)

A687r Araújo, Beatriz de Abreu.
Respostas fisiológicas do coqueiro anão verde sob diferentes lâminas de irrigação / Beatriz de Abreu
Araújo Araújo. – 2019.
71 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa
de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2019.
Orientação: Prof. Dr. Marlos Alves Bezerra.

1. Cocos nucifera L. 2. Produção. 3. Consumo de água. 4. Fisiologia. I. Título.

CDD 630

BEATRIZ DE ABREU ARAÚJO

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DO COQUEIRO ANÃO VERDE SOB DIFERENTES
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola/Irrigação e Drenagem, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.
Área de concentração: Irrigação e Drenagem

Aprovado em: 16/08/2019

BANCA EXAMINADORA

Dr. Marlos Alves Bezerra (Orientador)
Embrapa Agroindústria Tropical

Prof. Dr. Luís Gonzaga Pinheiro Neto
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Prof. Dr. Alan Bernard Oliveira de Sousa
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Fábio Rodrigues de Miranda
Embrapa Agroindústria Tropical

Prof. Dra. Amanda Soraya Freitas Calvet
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus, e aos meus pais: Maria das Graças e
Clínio Alves.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a Deus, Senhor de tudo e que me proporcionou chegar até aqui. Sem ele não seria possível.

Agradeço ao Dr. Willy Okoba, por ter sido meu anjo da guarda e salvado a minha vida em 2018, me dando uma segunda chance de viver e continuar a correr atrás dos meus sonhos. Deus colocou você na minha vida na hora certa. Agradeço também de forma muito especial a toda equipe do Hospital Regional Norte, de Sobral. Vocês foram incríveis. Não cabe aqui a minha gratidão por todos vocês.

Aos meus queridos pais, Maria das Graças de Abreu e Clínio Alves Araújo, que nunca mediram esforços para que eu pudesse estudar, lutar pelos objetivos e conseguir alcançá-los. A força e o apoio de vocês foi e continua sendo essencial.

Agradeço a minha amada irmã Maria Lúcia, por toda a força e apoio ao longo dessa jornada.

Aos meus avós, Mariazinha e Raimundo, este último já falecido, mas que tinha muito apreço por essa neta e com certeza está no Céu cuidando de mim e olhando meus passos, sempre fazendo um comentário engraçado a respeito. Obrigada meus amores.

As minhas tias maravilhosas, que são como mães para mim, Rilza e Francilina. Vocês são os meus exemplos.

Agradeço também ao meu namorado, Jamilson pelo apoio, companheirismo, e pela paciência de sempre. Por também entender os meus momentos de ausência.

A EMBRAPA Agroindústria Tropical por todo o apoio e suporte técnico e financeiro que deram a pesquisa. A empresa DUCOCO Alimentos Saudáveis pela disponibilidade da área experimental e de funcionários para auxílio nas coletas, em especial agradeço a pessoa do Henrique, que desde o início do experimento acompanhou a gente em todas as coletas. Muito Obrigada.

De forma muito especial, agradeço ao meu querido orientador, Dr. Marlos Alves Bezerra. Muito obrigada pela confiança que você depositou em mim, obrigada por acreditar que eu conseguiria. Obrigada por cada ensinamento, cada palavra, cada conselho, pela amizade e pelo importante apoio quando mais precisei. Você fez a diferença.

Também sou muito grata ao Dr. Fábio, por todo o suporte que me proporcionou, tanto prático quando teórico. Obrigada por todo o conhecimento e pela parceria. Por sua disponibilidade e atenção com o andamento e com a qualidade do experimento. Suas contribuições foram muito necessárias.

Agradeço também a grande contribuição da técnica de Laboratório de Fisiologia Vegetal, Ionete, pela ajuda, paciência e pelos muitos conhecimentos a mim repassados.

A equipe maravilhosa do Laboratório de fisiologia vegetal, Amanda Soraya, Reyvane, Luciana, Fábio, Amadeus, Janilson, Abel, Herbson que sempre estiveram presentes nas avaliações do experimento. Muito obrigada pela ajuda. Vocês foram indispensáveis.

Não posso deixar de agradecer minha amiga Janaina, por toda ajuda no experimento, nas análises e ajuda psicológica. Você tornou meus dias mais felizes. A sua calma contribuiu muito para que eu também me acalmasse.

Obrigada também para as minhas amigas maravilhosas, Regilene e Raqueline, pelo apoio, pelo incentivo e pelo carinho de vocês para comigo. Sempre pacientes e não deixando que eu ao menos chegasse a pensar que não iria conseguir. Obrigada.

Desejo igualmente agradecer aos meus amigos, Camila, Willame, Pedro Victor, Mayara, Juarez, Emanuel, Rennan, Jacques e Thales Rafael, pelo companheirismo durante essa fase e pelos momentos incríveis que passamos juntos, nem sempre bons, mas pelo menos tínhamos uns aos outros.

Não poderia deixar de agradecer também ao professor Alan Bernard, pelos ensinamentos a mim compartilhados, pelas parcerias realizadas e também pela confiança no meu trabalho.

Já finalizando, gostaria de agradecer por igual toda a banca examinadora, por terem aceitado participar desse momento tão importante e por todas as contribuições dadas ao trabalho.

Agradeço também a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico FUNCAP pela concessão de bolsas de pós – graduação.

Por fim, agradeço a cada um, que contribuiu de forma direta ou indireta para que eu conseguisse chegar até aqui. Um trabalho como esse não seria possível realizar sem a contribuição de todos. Meu muitíssimo obrigada!

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.” (Arthur Schopenhauer)

RESUMO

O coqueiro anão apresenta uma alta exigência hídrica, requerendo uma precipitação anual de 1500 mm, com uma distribuição uniforme. O Nordeste, especificamente no Estado do Ceará é caracterizado pela ocorrência de períodos de seca e uma má distribuição das precipitações no período que corresponde a estação chuvosa da região, com isso essa variabilidade da precipitação e o manejo inadequado da irrigação se classificam como uma das principais causas da baixa produtividade do coqueiro, mesmo onde o seu cultivo é comum. Contudo o estudo do comportamento fisiológico de plantas de coqueiro anão verde se torna relevante afim de avaliar as respostas desta cultura frente a condições diferentes de disponibilidade hídrica, observando o comportamento fisiológico das mesmas frente a utilização de lâminas deficitárias e em excesso aplicadas via irrigação localizada. O experimento foi conduzido em campo, durante dois anos, em área sob cultivo orgânico da empresa Ducoco Alimentos Saudáveis, no município de Camocim, Ceará, Brasil. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em fatorial de dois fatores, sendo o primeiro as lâminas de irrigação estimadas a partir da evapotranspiração de referência e dos coeficientes de cultivo da cultura (50%, 75%, 100% e 125% da ETc) e o segundo os meses de avaliação. Foram avaliadas variáveis de potencial hídrico foliar, trocas gasosas, carboidratos solúveis totais, nutrição mineral foliar, produção e qualidade de frutos e produtividade da água. O potencial hídrico foliar não sofreu influência dos tratamentos hídricos e foi mais negativo nos meses correspondentes ao final da estação seca; as trocas gasosas foram superiores na época chuvosa, independentemente da quantidade de água que foi aplicada no período seco; observou-se variação do estado nutricional das plantas nos teores de P, Ca, S e Cu dos quais apresentaram uma tendência de crescimento com o aumento da lâmina de irrigação; O peso de frutos não apresentou influência dos tratamentos hídricos; O volume de água de coco foi crescente com o aumento da lâmina de irrigação e as menores quantidades forma produzidas nos meses mais secos do ano; A eficiência do uso da água do coqueiro anão verde decresceu a medida que se aumentou a quantidade de água aplicada por irrigação.

Palavras - chave: Cocos nucifera L. Produção. Consumo de água. Fisiologia.

ABSTRACT

The dwarf coconut tree presents a high water demand, requiring an annual precipitation of 1500 mm, with a uniform distribution. The Northeast, specifically in the state of Ceará, is characterized by the occurrence of drought periods and a poor distribution of rainfall in the period that corresponds to the rainy season of the region, thus this rainfall variability and inadequate irrigation management are classified as one of the main causes of low productivity of the coconut tree, even where its cultivation is common. However, the study of the physiological behavior of green dwarf coconut plants becomes relevant in order to evaluate the responses of this crop to different water availability conditions, observing their physiological behavior against the use of deficient and excess blades applied via localized irrigation. The experiment was carried out in the field for two years in an area under organic cultivation of the company Ducoco Alimentos Saudáveis, in the municipality of Camocim, Ceará, Brazil. The experimental design was in randomized blocks in a two-factor factorial, the first being the irrigation depths estimated from the reference evapotranspiration and the crop cultivation coefficients (50%, 75%, 100% and 125% of ETC) and the second the evaluation months. Leaf water potential variables, gas exchange, total soluble carbohydrates, leaf mineral nutrition, fruit yield and quality and water productivity were evaluated. Leaf water potential was not influenced by water treatments and was more negative in the months corresponding to the end of the dry season; gas exchange was higher during the rainy season, regardless of the amount of water that was applied during the dry season; It was observed variation of the nutritional state of the plants in the contents of P, Ca, S and Cu of which presented a growth tendency with the increase of the irrigation depth; Fruit weight was not influenced by water treatments; The volume of coconut water increased with increasing irrigation depth and the smaller amounts were produced in the driest months of the year; The water use efficiency of the green dwarf coconut tree decreased as the amount of water applied by irrigation increased.

Keywords: *Cocos nucifera* L. Production. Water consumption. Physiology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Localização do município de Camocim, Ceará, Brasil.....	30
Figura 2 -	Dados meteorológicos do período avaliado. (A): Déficit de pressão de vapor, máximo (DPV) – Kpa; (B): Precipitação – mm; (C): Temperatura máxima e mínima - °C; (D): Umidade relativa (RH) - %; (E): Velocidade do vent a 2m de altura (U2) em km dia-1 e (F): Radiação solar global (Rn) em MJ. m ⁻² . s ⁻¹	31
Figura 3 -	Croqui de distribuição das parcelas experimentais.....	33
Figura 4 -	Determinação de potencial hídrico foliar em plantas de coqueiro anão verde submetidas a aplicação de diferentes lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc).....	35
Figura 5 -	Medição de trocas gasosas foliares (A, <i>g_s</i> , <i>E</i> e <i>C_i</i>) em plantas de coqueiro anão verde submetidas a aplicação de diferentes lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc).....	36
Figura 6 -	Determinação de boro em folhas de plantas de coqueiro anão verde submetidas a aplicação de lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc).....	39
Figura 7 -	Avaliação de produção e qualidade da água de coco de plantas de coqueiro anão verde submetidas a aplicação de lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc).....	40
Figura 8 -	Precipitação e irrigação aplicado em plantas de coqueiro anão verde submetidas aos tratamentos (50, 75, 100 e 125% da ETc).....	40
Figura 9 -	Potencial hídrico foliar (ψ_w) de plantas de coqueiro anão verde em diferentes meses e dos anos de 2017 e 2018.....	41
Figura 10 -	Trocas gasosas de plantas de coqueiro anão verde em diferentes meses dos anos de 2017 e 2018.....	44
Figura 11 -	Trocas gasosas de plantas de coqueiro anão verde em diferentes meses do ano de 2018.....	45
Figura 12 -	Carboidratos solúveis totais presentes em folhas de coqueiro anão verde submetidos a lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc) e meses de avaliação no ano de (A) 2017 E (B) 2018.....	47

Figura 13 -	Teor de fósforo, cálcio e enxofre em folhas de plantas de coqueiro anão submetidas a diferentes lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc), ao longo do ano de 2017. Camocim, Ceará, Brasil.....	49
Figura 14 -	Teor de Mg, Ca, Na, Mn e B em folhas de plantas de coqueiro anão em função dos meses de avaliação ao longo do ano de 2017. Camocim, Ceará, Brasil.....	50
Figura 15 -	Teor de Cu em folhas de plantas de coqueiro anão submetidas a diferentes lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc) e coletadas em diferentes meses do ano de 2018. Camocim, Ceará, Brasil.....	52
Figura 16 -	Teor de K, Ca, Mg, Na, Mn e B em folhas de plantas de coqueiro anão em função dos meses de avaliação ao longo do ano de 2018. Camocim, Ceará, Brasil.....	53
Figura 17 -	Número de frutos e sólidos solúveis de frutos de plantas de coqueiro anão submetidas a diferentes lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc), ao longo do ano de 2017. Camocim, Ceará, Brasil.....	55
Figura 18 -	Volume de água de frutos de plantas de coqueiro anão submetidas a diferentes lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc), em diferentes épocas de colheita do ano de 2017. Camocim, Ceará, Brasil.....	56
Figura 19 -	Número de frutos, peso médio e SST de frutos de plantas de coqueiro anão ao longo do ano de 2017. Camocim, Ceará, Brasil.....	57
Figura 20 -	Volume de água de frutos de plantas de coqueiro em diferentes épocas de colheita do ano de 2017. Camocim, Ceará, Brasil.....	58
Figura 21 -	Número de frutos e volume de água dos frutos de plantas de coqueiro anão submetidas a diferentes lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc) ao longo do ano de 2018. Camocim, Ceará, Brasil.....	60
Figura 22 -	Teor de sólidos solúveis totais – SST(°Brix) da água de frutos de plantas de coqueiro anão submetidas a diferentes lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc), em diferentes épocas de colheita do ano de 2018. Camocim, Ceará, Brasil.....	61
Figura 23 -	Número de frutos, peso médio e volume de água produzida por frutos de plantas de coqueiro anão ao longo do ano de 2018. Camocim, Ceará, Brasil.....	62
Figura 24 -	Teor de sólidos solúveis totais – SST (°Brix) de plantas de coqueiro em	63

diferentes épocas de colheita do ano de 2018. Camocim, Ceará, Brasil.....

Figura 25 - Produtividade da água em termos de produção de frutos (WPF) e volume de água produzida pelos frutos (WPA) por plantas de coqueiro anão verde, em função dos tratamentos hídricos (50, 75, 100 e 125% da ETC) no ano de 2017 (A e B) e 2018 (C e D).....

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Atributos químicos do solo utilizado no cultivo das plantas no experimento. Camocim, Ceará, 2016.....	30
Tabela 2 - Análise de variância do potencial hídrico (ψ_w) de plantas de coqueiro anão verde submetidos a diferentes níveis de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc.) e coletados em diferentes meses dos anos de 2017 e 2018.....	40
Tabela 3 - Análise de variância das trocas gasosas de plantas de coqueiro anão verde submetidos a diferentes níveis de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc.) e coletados em diferentes meses dos anos de 2017 e 2018.....	42
Tabela 4 - Análise de variância de carboidratos solúveis totais de folhas de coqueiro anão verde submetidos a diferentes níveis de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc.) e coletados em diferentes meses dos anos de 2017 e 2018.....	45
Tabela 5 - Análise de variância dos teores de minerais de folhas de plantas de coqueiro anão verde submetidos a lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc) e meses de avaliação no ano de 2017.....	47
Tabela 6 - Teores de K e Cu presentes em folhas de plantas de coqueiro anão submetidas a diferentes lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc.), ao longo de meses de avaliação dos anos de 2017 e 2018. Camocim, Ceará, Brasil.....	50
Tabela 7 - Análise de variância dos teores de minerais de folhas de plantas de coqueiro anão verde submetidos a lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc) e meses de avaliação no ano de 2018.....	50
Tabela 8 - Análise de variância para o peso de frutos - PES, volume de água de frutos - VOL, sólidos solúveis totais - °Brix e número de frutos por cacho - NF de plantas de coqueiro anão verde submetidos a lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc) e meses de avaliação no ano de 2017.....	53
Tabela 9 - Análise de variância para o peso de frutos - PES, volume de água de frutos - VOL, sólidos solúveis totais - °Brix e número de frutos por cacho - NF de plantas de coqueiro anão verde submetidos a lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc) e meses de avaliação no ano de	58

2018.....

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
2	OBJETIVO GERAL.....	19
2.1	Objetivos específicos.....	19
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	19
3.1	A cultura do coqueiro (<i>cocos nucifera L.</i>).....	19
3.1.1	<i>Origem e classificação botânica</i>	19
3.1.2	<i>Morfologia da planta</i>	20
3.1.3	<i>Produção brasileira e importância econômica</i>	22
3.1.4	<i>Ecofisiologia do coqueiro anão verde</i>	23
3.1.5	<i>Necessidade hídrica da cultura</i>	25
3.2	Produção de frutos e qualidade da água de coco.....	26
3.3	Respostas fisiológicas do coqueiro ao estresse hídrico.....	28
3.4	Produtividade da água de irrigação.....	29
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	31
4.1	Localização e caracterização da área experimental.....	31
4.2	Implantação e disposição dos tratamentos.....	33
4.3	Manejo das plantas.....	34
4.4	Sistema e manejo da irrigação.....	34
4.5	Variáveis analisadas.....	36
4.5.1	<i>Potencial hídrico foliar (ψ_w)</i>	36
4.5.2	<i>Trocas gasosas</i>	37
4.5.3	<i>Carboidratos solúveis totais</i>	37
4.5.4	<i>Minerais nas folhas</i>	38
4.5.5	<i>Produção de frutos e qualidade da água de coco</i>	40
4.5.6	<i>Produtividade da água</i>	41
4.5.7	<i>Análise estatística</i>	41
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
5.1	Volume de água de irrigação.....	42
5.2	Potencial hídrico foliar.....	42
5.3	Trocas gasosas.....	44
5.4	Carboidratos solúveis totais.....	49
5.5	Minerais foliares.....	54

5.6	Produção de frutos e qualidade da água de coco.....	54
5.7	Produtividade da água de irrigação.....	64
6	CONCLUSÕES.....	66
	REFERÊNCIAS.....	67

1 INTRODUÇÃO

O Estado do Ceará, nordeste do Brasil, possui irregularidade na distribuição das suas precipitações, que se concentram nos meses do primeiro semestre do ano, o que provoca uma escassez hídrica ao longo dos meses contidos na estação seca, correspondente ao segundo semestre.

Mesmo em regiões litorâneas do Estado, a irregularidade e a má distribuição das chuvas no período chuvoso são comuns, o que dificulta a atividade de agricultura em sequeiro. Com isso, a irrigação torna-se uma aliada na produção agrícola da região, prevenindo os efeitos maléficos advindos do estresse hídricos das plantas ocasionado por períodos de seca, ocorrentes mesmo dentro da quadra chuvosa. No entanto, diante da preocupação a nível mundial com a eficiência e o uso consciente da água, a diminuição da quantidade de água aplicada via irrigação nas culturas é uma das estratégias a serem buscadas, desde que as mesmas consigam produzir de forma satisfatória (alcançando uma meta de produção rentável).

O coqueiro apresenta uma grande necessidade hídrica, requerendo uma precipitação anual de 1500 mm, distribuídos uniformemente. A variabilidade da precipitação e o manejo inadequado da irrigação são uma das principais causas da baixa produtividade do coqueiro, mesmo onde o seu cultivo é comum (YUSUF, M.; VARADAN, 1993). Como a quantidade e a distribuição adequada da água são importantes para o crescimento da planta e o crescimento de frutos de coqueiro (RAJAGOPAL; SHIVASHANKAR; MATHEW, 1996), o estudo do estado fisiológico das plantas frente a diferentes níveis de hidratação é de suma importância.

A sensibilidade de determinado processo fisiológico a déficits hídricos é, em grande parte, um reflexo da estratégia da planta em lidar com a situação de disponibilidade hídrica que ela se encontra no ambiente (TAIZ et al., 2017). O processo fotossintético é influenciado por inúmeros fatores, tais como luz, temperatura, disponibilidade de nutrientes, condições de salinidade e CO₂. No entanto, como um dos principais fatores se destaca a disponibilidade de água (TAIZ et al, 2017). A capacidade de manter atividade fisiológica à medida que a água se torna menos disponível ocasiona alguns custos para a planta. Elas podem gastar energia para acumular solutos para manter a pressão de turgor, investir no

crescimento de órgãos não fotossintéticos, como raízes para aumentar a capacidade de absorção de água, ou formar vasos (xilema) capazes de suportar altas pressões negativas (TAIZ et al., 2017).

Em função do exposto, o estudo do comportamento fisiológico de plantas de coqueiro anão verde, visando avaliar as respostas desta cultura frente a diferentes condições de disponibilidade hídrica, utilizando lâminas deficitárias e em excesso, via irrigação localizada, se torna relevante.

2 OBJETIVO GERAL

Avaliar a influência de diferentes lâminas de irrigação nas respostas fisiológicas, na produção e qualidade dos frutos e na produtividade da água em coqueiro anão verde.

2.1 Objetivos específicos

- Avaliar os efeitos ocasionados pelo estado hídrico nas relações hídricas e nas trocas gasosas das plantas;
- Avaliar mudanças no estado nutricional das plantas em função das lâminas de água aplicadas;
- Analisar os efeitos das diferentes lâminas de irrigação na produção e qualidade dos frutos;
- Avaliar a produtividade da água no coqueiro anão verde sob diferentes lâminas de irrigação.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A cultura do coqueiro (*cocos nucifera* L.)

3.1.1 Origem e classificação botânica

O coqueiro pertence a Classe *Monocotyledoneae*; Ordem: *Palmales*; Família: *Palmae*, sub família: *Cocoideae*; Genero: *Cocos* e Espécie: *Coco nucifera* L. (PURSEGLOVE, 1972).

A espécie *Cocos nucifera* L. é a única classificada botanicamente do gênero cocos, e é dividida em duas variedades: Anão e Gigante. A variedade anã se divide em três: Anão verde, Anão amarelo e Anão vermelho (LIMA, 2014). Além disso, existe os híbridos que são cruzamentos entre as duas variedades.

O centro de origem do coqueiro ainda apresenta incertezas, porém, a hipótese mais aceita é que o coqueiro se originou no sudoeste do Pacífico ou do Oceano Índico e que foi domesticado na Malásia e nas ilhas costeiras entre o Sudeste Asiático e o Pacífico ocidental. Acredita-se que o coco foi amplamente distribuído por nozes que flutuavam nas correntes oceânicas e germinavam depois de serem lavadas em novos locais. Desta forma, provavelmente chegou ao sul da Índia e ao Sri Lanka, onde o coco tem uma história registrada de 2000-3000 anos e, possivelmente, Madagascar e África Oriental. Supõe-se também que as nozes também eram transportadas pelos seres humanos como fonte de comida e bebida em longas viagens marítimas, chegando à África do Sul e as Américas há cerca de 500 anos, quando o coco se tornou pan-tropical (CARR, 2011).

O coqueiro gigante foi introduzido pela primeira vez no Brasil em 1553, no Estado da Bahia, sendo procedente das ilhas de Cabo Verde. Já o coqueiro anão foi introduzido no Brasil em 1920 (GOMES, 1944). A partir da Bahia, o coqueiro disseminou-se pelo litoral nordestino, onde encontrou condições favoráveis para o seu cultivo, especialmente por ser uma frutífera típica de clima tropical e, posteriormente, acabou por se adaptando em outras regiões do país. Em 1990 o cultivo de coqueiro se restringia às regiões Norte e Nordeste e durante a década de 90, houve no Brasil um expressivo crescimento da área plantada com coqueiro (*Cocos nucifera* L.) cultivar Anão Verde, cujos frutos são destinados ao consumo de água-de-coco {Formatting Citation}. Nos dias atuais, o que se verifica é o cultivo de coqueiros em quase todos os estados do País.

Nas últimas décadas, o coqueiro já se encontrava em mais de 200 países diferentes, sendo encontrado em grandes plantios entre os paralelos 23°N e 23°S (FOALE; HARRIES, 2009). Porém, a sua exploração comercial se restringe aproximadamente a 90 países, onde são encontradas melhores condições para o cultivo, como solos arenosos, intensa radiação solar, umidade e bom índice de precipitação.

3.1.2 Morfologia da planta

As folhas do coqueiro anão são do tipo pinadas, constituídas por bainha, pecíolo e limbo. A bainha apresenta natureza peciolar, sólida e consistente, envolvendo parcialmente o caule da planta. O pecíolo tem função de sustentação da bainha e de condução da seiva. Ao longo do ano o coqueiro emite de 12 a 16 folhas mantendo, em média, 25 a 28 folhas na copa

e uma vida útil de um ano e meio a dois anos. O seu comprimento varia com as condições de fertilidade do solo, podendo medir de 4 a 6 m de comprimento, com peso entre 6 a 10 kg cada folha. Cada folha possui em média de 150 a 250 folíolos (CAMBOIM NETO, 2002).

O coqueiro é uma planta monóica, o que significa que possui os órgãos sexuais, feminino e masculino, no mesmo indivíduo, mas em locais diferentes. Cada folha tem em sua axila, uma gema floral que se desenvolverá ou não em inflorescência frutífera, dependendo do estado nutricional e das condições climáticas (FREMOND, Y.; ZILLER, R.; LAMOTHE, 1975).

As inflorescências são axilares, protegidas por brácteas grandes, chamadas espatas. A espata ao completar seu desenvolvimento - 3 a 4 meses - abre-se, libertando a inflorescência, que é formada pelo pedúnculo, espigas e flores. Cada espiga possui, em sua base, algumas flores femininas (em torno de 9) e inúmeras flores masculinas nos dois terços terminais. A primeira inflorescência pode ser constituída de apenas flores masculinas, sendo as flores femininas produzidas nas inflorescências posteriores. O número de flores femininas é fortemente influenciado pelo estado nutricional e hídrico da planta. Do mesmo modo, sob condições de deficiência hídrica prolongada e/ou desnutrição, poderá não ocorrer desenvolvimento da inflorescência na axila da folha do coqueiro. Cada inflorescência dá origem a um cacho com média máxima de 12-15 frutos (cocos), mais frequentemente com 6-9 cocos (CASTRO; PASSOS; ARAGÃO, 2009).

O coqueiro anão comporta-se de maneira diferente do ponto de vista da biologia floral. A fase feminina nessa variedade tem início por volta de uma semana após o início da fase masculina (abertura da inflorescência) e termina quase ao mesmo tempo (queda da última flor masculina). Esta concomitância é constatada em 90% dos casos estudados e evidencia que a autofecundação constitui a regra no coqueiro anão, ainda que existam diferenças que variam de acordo com o ecotipo (FERREIRA; WARWIK; E SIQUEIRA, 1998).

De acordo com (FREMOND, Y.; ZILLER, R.; LAMOTHE, 1975), a influência das condições climáticas pode proporcionar para uma mesma planta, média de aproximadamente 16 a 32 flores femininas por inflorescência.

O fruto do coqueiro é classificado como uma dupla simples do tipo monospermico, formado por uma epiderme lisa ou epicarpo, que envolve o mesocarpo espesso e fibroso. O fruto completamente desenvolvido apresenta epicarpo, mesocarpo, endocarpo, tegumento e albúmem (CAMBOIM NETO, 2002).

A semente, envolvida pelo endocarpo, é constituída por uma camada fina de cor marrom, o tegumento, que fica entre o endocarpo e o albúmen sólido. Este albúmem,

caracteriza-se como sendo uma amêndoa comestível, branca, muito oleosa, formando uma grande cavidade, no centro da qual está a água-de-coco, ou albúmen líquido. O embrião está envolvido pelo albúmen sólido e está próximo a um dos orifícios do endocarpo (PASSOS, 1998).

O coqueiro possui raízes fasciculadas, cilíndricas, espessas e que podem chegar a medir vários metros de comprimento. O crescimento radicular é iniciado na germinação e se desenvolve a partir da base da estipe, sendo produzidas continuamente durante toda a sua vida. As raízes primárias possuem baixa capacidade de absorção de água e nutrientes, sendo sua principal função dar sustentação a planta. Das raízes primárias partem as secundárias, e das secundárias partem as terciárias, que a partir destas desenvolvem-se as radículas, que podem medir de 1 a 3mm de diâmetro e são caracterizadas por serem as principais raízes responsáveis pela absorção de água (MIRANDA et al., 2003). As condições ambientais, tipo de solo e a idade da planta são fatores importantes que influenciam no número de raízes (CHILD, 1974).

A variedade de coqueiro Anão Verde do Jiqui apresenta desenvolvimento radicular inferior ao de outras variedades, como o coqueiro gigante, em termos de volume de raízes e profundidade do sistema radicular, sendo conseqüentemente menos adaptada a déficit hídrico no solo. Desde o primeiro ano de cultivo até a fase adulta mais de 80% das raízes absorventes do coqueiro anão irrigado estão concentradas até 0,6 m de profundidade. Na sua fase adulta, embora o sistema radicular do coqueiro possa alcançar profundidades maiores, 80% das raízes absorventes encontram-se até 1,8 m do tronco, aos cinco anos de idade (MIRANDA et al., 2003).

3.1.3 Produção brasileira e importância econômica

No ano de 2018 a área mundial colhida com coco foi cerca de 12 milhões de hectares, produzindo 61,1 milhões de toneladas. A Indonésia, seguido pelas Filipinas é o maior produtor mundial de coco. Por sua vez, a Filipinas possui a maior área plantada. A Índia apresenta a terceira produção e área plantada do mundo. Esses três países são responsáveis por 72,6% da área e 72,8% da produção mundial (BRAINER, 2018).

O Brasil apresenta a sexta maior área mundial de plantio de coqueiro (215,7 mil hectares), apesar da grande perda (-21,6%) entre os anos de 2010 e 2017, em função das adversidades climáticas, que provocaram a morte de coqueirais no Nordeste, maior região

produtora do País. Nesse mesmo período, a produção brasileira também caiu 17,6%, passando a produzir 2,3 milhões de toneladas (1,562 milhões de frutos) (SOBRAL, 2003).

A quantidade de coco produzidos nos anos de 2007 a 2013 no Nordeste foi de 9,430.326 mil frutos. Bahia e Pernambuco lideraram os números, seguidos por o Estado do Ceará, com variação de 566,531, 240,855 e 206,071 mil cocos respectivamente (IBGE., 2018).

A evolução tecnológica e o avanço de técnicas de cultivo adequadas aos novos preceitos da sociedade vêm possibilitando principalmente em agroecossistemas frágeis, a inserção de pequenos produtores a melhores condições de vida em diversas regiões do mundo. Ressalta-se que cerca de 90% da produção de coco do mundo advêm de pequenos agricultores, com áreas de até 5 hectares, sendo que esta produção é praticamente consumida internamente nos países produtores. No Brasil cerca de 70% da exploração do coqueiro se dá em propriedades de até 10 ha (FONTES; FERREIRA; SIQUEIRA, 2002).

3.1.4 Ecofisiologia do coqueiro anão verde

O coqueiro é uma planta essencialmente tropical, encontrando condições climáticas favoráveis entre as latitudes 20°N e 20°S (FOALE; HARRIES, 2009; PASSOS; PRADO; LEAL, 1999). Segundo (FONTES; FERREIRA; SIQUEIRA, 2002), a faixa ideal de umidade relativa do ar está entre 60 – 90%. A luminosidade ideal é de 2.000 horas anuais com, no mínimo, 120 horas por mês (PASSOS, 2002).

O coqueiro necessita de um clima quente, com média de temperatura por volta de 27 °C e oscilações de 5° a 7° C. Temperaturas abaixo de 15° C modificam as suas características morfológicas e temperaturas acima do ideal são toleradas, ocasionando problemas apenas quando coincidem com baixa umidade atmosférica (OHLER, 1999).

O coqueiro (*Cocos nucifera* L.) requer uma precipitação anual de 1500 mm, distribuídos uniformemente. A variabilidade da precipitação e o manejo inadequado da irrigação são uma das principais causas da baixa produtividade do coqueiro, mesmo onde o seu cultivo é comum (YUSUF, M.; VARADAN, 1993).

Segundo (PASSOS, C. D.; PASSOS, E. E. M.; ARAGÃO, 2007), condições hídricas desfavoráveis para o coqueiro ocorrem durante os meses mais secos tanto na região semiárida (de agosto a dezembro) como nos tabuleiros costeiros (de outubro a fevereiro), sendo menos intensa na região costeira que no interior, onde os valores mensais do déficit de pressão de vapor do ar (DPV) são mais elevados. Para tanto, a irrigação no cultivo do

coqueiro se torna indispensável na maior parte do ano, por conta do déficit hídrico estacional e da ocorrência de veranicos.

Para os autores Kasturi bai; Voleti; Rajagopal (1988), trabalhando com coqueiro gigante no Nordeste de Kerala, Índia, observaram progressiva diminuição da condutância estomática (g_s) com o aumento do DPV durante os meses mais secos de verão, resultado semelhante ao encontrado por Gomes; Mielke; De Almeida (2002) com coqueiro anão verde. Em concordância, aumento dos valores de DPV entre 1,0 e 1,8 kPa foram suficientes para reduzir g_s e a transpiração (E) na palmeira *Elaeis guineensis* cultivada sob adequado suprimento hídrico, mas não a fotossíntese líquida (A) (DUFRENE; SAUGIER, 1993).

Nas condições edafoclimáticas de Paraipaba, CE, a evapotranspiração do coqueiro anão verde, variou de um valor mínimo de $0,52 \text{ mm.d}^{-1}$, aos 11 meses de idade até um valor máximo de $5,01 \text{ mm.d}^{-1}$ aos 36 meses de idade (MIRANDA et al., 2007). A fase de crescimento vegetativo estende-se até 680 DAP (23 meses de idade), ao longo da qual os valores de K_c observados aumentam de 0,63 até 1,0. Durante a fase intermediária (florescimento e desenvolvimento dos frutos), o K_c médio observado pelo autor foi de 1,02.

O coqueiro pode se desenvolver em solos com variadas características, no entanto, não responde bem em solos com alto teor de argila e que apresentam camadas adensadas e impermeáveis, que dificultam a aeração do solo e prejudica a penetração do sistema radicular. O coqueiro apresenta melhores condições de adaptação em solos leves e bem drenados, mas que permitam bom suprimento de água para as plantas. A adaptação do coqueiro aos Neossolos Quartzarênicos (Areias Quartazosas) do Litoral Nordestino, seu habitat, está quase sempre associada à presença de lençol freático pouco profundo, compensando assim, sua baixa capacidade de retenção de água (PASSOS, 2002).

As plantas de coqueiro anão apresentam comportamento precoce, iniciando a produção em média com 2 a 3 anos após o plantio, apresentando uma produtividade média de 150 a 200 frutos/planta/ano, tendo vida útil em torno de 30 a 40 anos. Seu porte é menor, em relação às demais variedades, híbrido e gigante, podendo atingir de 10 a 12 m de altura. Os frutos deste grupo são menores e capazes de armazenar em média 400 ml de água. Além disso, estas variedades apresentam maior aproveitamento sob ponto de vista agroindustrial (ARAGÃO, et al., 2010).

3.1.5 *Necessidade hídrica da cultura*

A quantidade de água requerida pelo coqueiro depende de vários fatores, tais como: edáficos (tipo de solo, textura, teor de umidade, fertilidade), climáticos (radiação solar, temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento), biológicos (cultivar, idade, altura, área foliar e estado nutricional da planta) e manejo cultural (uso de quebra ventos e cobertura morta, controle fitossanitário e de plantas invasoras, fertilização, método e/ou sistema de irrigação utilizado, frequência e tempo de aplicação de água) (FONTES; FERREIRA; SIQUEIRA, 2002).

A cultura do coqueiro requer uma grande quantidade de água durante as fases do seu desenvolvimento vegetativo e de produção. Segundo Gomes (1992), o coqueiro poderá alcançar uma taxa de transpiração diária de cerca de 98% da água que é absorvida pelas raízes. Ainda segundo o autor, a transpiração pode exceder essa quantidade de água absorvida, ocasionando o sacrifício de pequenas reservas nas folhas e na estipe.

De Azevedo et al., (2006) utilizando uma abordagem de balanço hídrico, estimaram a evapotranspiração real (ET_c) para coqueiros anões com idade de seis anos no nordeste do Brasil, encontrou valores de 2,5, 2,9 e 3,2 mm dia⁻¹, valores esses apresentando variação entre os tratamentos utilizados, no entanto com totais anuais acumulados de 900 – 1100 mm. Em uma densidade de plantio de 205 ha⁻¹ (espaçamento triangular, 7,5 × 7,5 × 7,5 m), estes encontraram volumes de água equivalentes a 120 – 160 L planta⁻¹ dia⁻¹. Em comparação, a estimativa de Penman-Monteith da evapotranspiração da cultura de referência (ET_o proposta por (ALLEN et al., 1998) ao longo do ano foi em média de 4,6 mm d⁻¹, dando um coeficiente de colheita de pico (K_c) de 0,7.

Miranda et al. (2007) determinaram valores de K_c para o coqueiro, uma cultivar anão verde irrigada durante um período de 32 meses (espaçamento triangular 7,5 x 7,5 x 7,5 m; com um total de 205 palmas ha⁻¹). Usando um balanço hídrico (baseado em sensores), observaram aumento da ET_c a partir de um valor mínimo de 0,5 mm d⁻¹ (25 L planta⁻¹ dia⁻¹) até um máximo de 5 mm d⁻¹ (244 L planta⁻¹ dia⁻¹) em uma região litorânea do Estado do Ceará (3°17 S; 39°15 W; alt. 30 m). No mesmo período a ET_o (Penman-Monteith) variou entre 3 e 6 mm d⁻¹. Os autores ainda observaram, durante a fase de desenvolvimento do dossel, um aumento linear do K_c de 0,63 (11 meses após o plantio) para 1,0 (23 meses, quando as palmas estavam floridas), posteriormente o K_c permaneceu constante, com um valor médio de 1,02.

Teixeira et al. (2017) com objetivo de subsidiar o manejo racional da cultura do coqueiro anão irrigado com diferentes idades ao longo do ano de 2016 (utilizando imagens Landsat 8), para a modelagem dos balanços de radiação e de energia da cultura, no município de Camocim, Nordeste do Brasil destacou que com relação à demanda atmosférica, como a localização é próxima do equador, a amplitude da ETo durante o ano é pequena, com os valores mais elevados ocorrendo a partir de setembro, quando coincide com o período mais seco do ano, com as médias ultrapassando $5,0 \text{ mm d}^{-1}$, intensificando assim o déficit no balanço hídrico climático.

Em Sergipe, região nordeste do Brasil, (DE AZEVEDO et al., 2006) encontrou valores máximos de evapotranspiração diária no mês de novembro para todos os tratamentos de irrigação utilizados (50, 100 e 150 L planta⁻¹ dia⁻¹), com valores de evapotranspiração de 5,2, 7,1 e 7,7 mm dia⁻¹ para os tratamentos de irrigação, respectivamente.

De Azevedo et al. (2006) avaliando a evapotranspiração, rendimento e eficiência do uso de água coqueiros anão-verde, cultivados sob diferentes níveis de águas em condições de clima tropical, adquiriu resultados onde a aplicação de maior o volume de água de irrigação não resultaram em um maior rendimento de frutos de coqueiro anão. Observou ainda um aumento de 12% n produtividade de frutos de coqueiro quando aplicado um volume de água de 50 a 100 L planta⁻¹ dia⁻¹ enquanto aumentando volume de água aplicado para 100 a 150 L planta⁻¹ dia⁻¹ gerou um aumento de 3,2% da produtividade.

A evapotranspiração, rendimento e eficiência do uso da água são expressivamente afetados pelo volume de água da irrigação em coqueiros. Sendo que o suprimento de água de irrigação afeta de forma mais drástica os parâmetros de produtividade, principalmente em termos de volume de água por fruto do que a eficiência do uso da água (DE AZEVEDO et al., 2006).

3.2 Produção de frutos e qualidade da água de coco

O coqueiro anão produz em média de 150 a 200 frutos por ano, distribuídos em 12 a 17 cachos (ARAGÃO et al., 2010).

Miranda et al. (2008), obtiveram no Vale do Curu, no Estado do Ceará, produtividade média do coqueiro anão irrigado durante o período de avaliação (sete anos) de 218 frutos por planta ano. A produtividade anual ultrapassou a marca de 200 frutos por planta

no quarto ano de produção e alcançou uma média anual máxima de 261 frutos por planta no quinto ano. Os autores ainda observaram que a produção de frutos na região apresentou dois picos ao longo do ano, com intervalos de seis meses (janeiro-março e junho-agosto) e que houve variação tanto no peso quanto no volume de água por frutos ao longo do ano, evidenciando maiores valores de peso e volume de água no período das chuvas.

A recomendação dos autores (RIBEIRO; COSTA; ARAGÃO, 2019) para frutos de coqueiro anão que forem destinados ao consumo de água de coco in natura devem ser colhidos, entre o sexto e sétimo mês de idade, após a abertura natural da inflorescência. Os autores apontam que nessa idade ocorrem os maiores valores de peso de frutos, volume de água de coco e também maiores teores de sólidos solúveis totais. Para o uso agroindustrial as recomendações de colheita de frutos são aqueles colhidos entre 5 a 8 meses de idade, realizando uma mistura da água desses frutos.

A água de coco é uma bebida isotônica, pouco calórica, rica em colesterol, rica em potássio e é bastante apreciada nas áreas de alimentação, nutrição, medicina e biotecnologia (ARAGÃO et al., 2003). Normalmente, o líquido começa a se formar em torno do segundo mês após a abertura natural da inflorescência. Atingindo valor máximo em torno do quinto ao sétimo mês, sendo este período recomendado para colheita, época em que a água de coco se encontra com maior teor de açúcares e mais saborosa (ROSA E ABREU, 2000). Este período é um fator importante a ser considerado quando o fruto é destinado ao consumo in natura (SANTOS FILHA, 2006).

Os autores Benassi et al. (2007) obtiveram os melhores valores de volume médio para albúmen líquido em coqueiro anão verde, com adequado sabor foi obtido em frutos com 8,5 meses de idade, sendo considerada a melhor época para a colheita de frutos para o consumo in natura da água-de-coco.

Ainda não há um valor padrão definido para o teor de sólidos solúveis totais para a aceitação da água de coco. No entanto, alguns autores sugerem valores em torno de 5,0 a 6,0% (JACKSON et al., 2004); 6,0 a 7,0 % (ARAÚJO, 2003); 5,2 a 9,2 % (ARAGÃO et al., 2002); como sendo ideais por ocasião da colheita para a grande maioria das cultivares de coqueiro anão.

Segundo Aroucha et al. (2014) os frutos de coqueiro anão verde no sétimo e oitavo mês apresentam valores médios de °Brix de 5,3 e 5,4, respectivamente. Da Silva, et al (2009) comparando a qualidade da água de frutos de coqueiro anão verde produzido nos sistemas convencional e orgânico, obteve valores de 4,71 e 4,66, respectivamente.

O peso do fruto do coqueiro anão apresenta aumento até o sétimo mês de idade, ocorrendo a partir daí um decréscimo, independentemente da cultivar considerada (SANTOS FILHA, 2006).

Camboim Neto (2002) estudando diferentes tratamentos hídricos no cultivo de coqueiro anão, encontrou valores máximos de peso dos frutos, volume de água de coco e sólidos solúveis totais de 2,2Kg, 424,7 mL, e 4,70° Brix em lâminas diferentes.

3.3 Respostas fisiológicas do coqueiro ao estresse hídrico

A quantidade e a distribuição das chuvas são muito importantes para o crescimento da planta e o crescimento de frutos de coqueiro (RAJAGOPAL; SHIVASHANKAR; MATHEW, 1996). Os coqueiros são encontrados em áreas onde a precipitação varia de 1300 a 2500 mm, sendo considerado ideal a aplicação de 150 mm como média mensal para o alcance de crescimento adequado e produtividade dos frutos (RAJAGOPAL V, KASTURI BAI KV, 1990). No entanto, o coqueiro é comumente exposto ao déficit hídrico do solo e da atmosfera pois classifica-se como uma palmeira perene com uma longa vida útil de produção (RAJAGOPAL, V 2002).

O coqueiro anão tem como importante característica produção escalonada durante todo o ano, produzindo em média 14-17 cachos por ano (FONTES, 2003). Por apresentar crescimento e produção contínuos, exige condições de nutrição e clima próximos ao ideal o ano todo (PASSOS, 1998; PASSOS; PASSOS; ARAGÃO, 2003). Segundo (SOBRAL, 2003), quando cultivado em solos pobres e em regimes com déficit hídrico, a irrigação e a adubação são as práticas que têm causado maior impacto sobre sua produtividade.

Sob condições não limitantes, o coco desenvolve um dossel grande e altamente produtivo, sendo capaz de produzir $51 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ da produção total de matéria seca (FOALE, 1993). As respostas de curto prazo do coco ao estresse hídrico, como baixa gs e potencial hídrico, que muitas vezes prejudicam A e E, foram amplamente documentadas (RAJAGOPAL V, 2002; REPELLIN, A.; DANIEL; ZUILY-FODIL, 1994; REPELLIN, A.; PHAM THI et al., 1997) A taxa de assimilação de carbono é prejudicada em ambos os genótipos, gigante (REPELLIN *et al.*, 1997; PRADO; PASSOS; MORAES, 2001) e anão (GOMES; PRADO, 2007) em resposta ao déficit hídrico atmosférico e do solo.

Reduções de A de 7% para 47% e de 12% para 67% foram relatadas para genótipos de coqueiro anão e gigante, respectivamente. As reduções fotossintéticas induzidas pela seca são inicialmente atribuíveis à difusão de CO_2 limitada da atmosfera para os espaços intercelulares como resultado do fechamento estomático (REPELLIN, A.; DANIEL; ZUILY-FODIL, 1994; REPELLIN, A.; PHAM THI et al., 1997). Os fatores não estomáticos foram demonstrados que contribuem para a redução da A tanto durante o período de déficit hídrico severo quanto na fase de recuperação após a retomada da irrigação (GOMES; PRADO, 2007). (KASTURI BAI; RAJAGOPAL; NARESH KUMAR, 2006) registrando as medidas de fluorescência registradas e os registros indicaram redução em F_v/F_m (eficiência fotoquímica) com a diminuição do potencial hídrico, sugerindo prejuízos ao aparato fotossintético das plantas sob estresse.

As variedades de coqueiro respondem de maneira diferente ao estresse hídrico em relação à taxa de desidratação interna, bem como à taxa de recuperação das trocas de gás quando há retomada da irrigação. Em folíolos destacados, diferenças na taxa de desidratação podem ser observadas somente quando a E e g_s estão em torno de zero, sugerindo diferentes taxas de transpiração cuticular entre os genótipos (REPELLIN, A.; DANIEL; ZUILY-FODIL, 1994). Altas taxas de E em genótipos de coqueiros anões resultam em consumo elevado de água em comparação com outras variedades e híbridos.

Mudanças no potencial hídrico da folha (cv. West Coast Tall) foram acompanhadas durante um período de seis meses em Kerala, sul da Índia (por (SHIVASHANKAR, S., KUSTURI BAI, K. V. AND RAJAGOPAL, 1991), onde os valores diurnos apresentaram diminuição à medida que a estação seca progrediu, de cerca de $-1,0$ MPa para $-2,0$ MPa. Por outro lado, os valores encontrados para as palmeiras irrigadas mantiveram valores acima de $-1,3$ MPa. Ainda segundo os autores, esses valores estavam ligados ao tempo em que mudanças induzidas por estresse nas atividades de três enzimas foram registradas.

Prado; Passos; Moraes (2001), comparando os processos de trocas gasosas foliares e as relações hídricas de seis genótipos de coqueiro gigante no estado de Sergipe, nordeste do Brasil, durante a estação chuvosa, o fator de controle da fotossíntese e da transpiração foi a radiação solar, enquanto na estação seca foi a condutância estomática. A cultivar (Brazilian Tall) conseguiu manter as trocas gasosas em um nível mais elevado que as outras cinco durante a estação seca.

Posteriormente os autores, Castro; Passos; Aragão (2009) compararam as respostas da cv. Jiqui Anão verde ao estresse hídrico atmosférico nos mesmos dois locais no nordeste do Brasil. Um deles, descrito como tropical úmido, localizava-se próximo à costa (10°17 S, 36°30 W; altitude de 75 m) e o outro localizado no interior de uma área semiárida (09°09 S; 42°22 W; altitude de 387 m). Ambas as culturas foram irrigadas com volume de 150 L planta⁻¹ dia⁻¹). As medições foram feitas na folha 14, contando a partir do topo. Embora várias correlações entre essas variáveis sejam apresentadas, elas não são todas estatisticamente convincentes. Os potenciais hídricos foliares diminuíram linearmente com o aumento do déficit de saturação do ar nos dois locais. Em geral, a condutância estomática foi menor no local semiárido, onde o déficit de saturação foi maior (valores médios mensais, atingindo 1,6 kPa; máximo diurno máximo, 2,8 kPa) do que no local central (1,0 kPa; 1,8 kPa). As eficiências instantâneas do uso da água aumentaram linearmente com o aumento do déficit de saturação, mas apenas na região classificada como tropical úmida.

3.4 Produtividade da água de irrigação

Miranda et al, (2019), encontrou diferenças na eficiência do uso da água em duas fazendas de coqueiro anão verde na região litorânea do Ceará, onde, para cada m³ de água aplicada em uma das propriedades foram produzidos 5,5 frutos e 2,0 L de água de coco, enquanto que na outra propriedade, cada m³ de água aplicado na irrigação resultou na produção de apenas 2,7 frutos e 1,2 L de água de coco.

Em plantas de coqueiro anão verde irrigadas com volumes de água fixos de 100 e 150 L planta⁻¹ dia⁻¹, equivalentes a volumes de irrigação anuais de 34,8 e 52,3 m³ planta⁻¹ ano⁻¹, foram obtidos valores de eficiência do uso da água em termos de frutos de 5,3 e 3,8 frutos m⁻³, respectivamente (AZEVEDO, SAUSA E SILVA 2006). Na região litorânea do Ceará, em plantas de coqueiro anão verde cultivadas em boas condições de manejo da irrigação e fertilização, Miranda et al. (2008) obtiveram valores médios de eficiência do uso da água em termos de frutos e eficiência do uso da água de irrigação em termos de água de coco de 5,23 frutos m⁻³ e 2,48 L m⁻³, respectivamente.

Segundo Li et al. (2016), a eficiência do uso da água de irrigação é mais influenciada pelas práticas agrônomicas do que pelos fatores climáticos e sua melhoria deve basear-se em tecnologias avançadas de manejo da irrigação, na aplicação de fertilizantes com base nas necessidades da cultura, no uso de filmes agrícolas e no controle fitossanitário, assegurando o uso eficiente dos insumos agrônomicos na produção. Em geral maiores valores

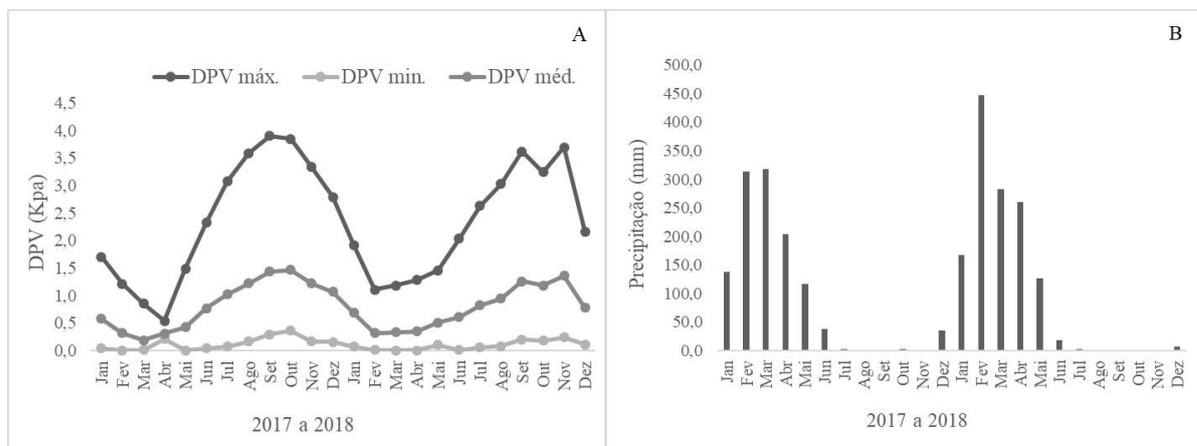
O solo da área é classificado como Neossolo Quartzarênico, com os seguintes atributos na época de implantação do experimento (Tabela 1).

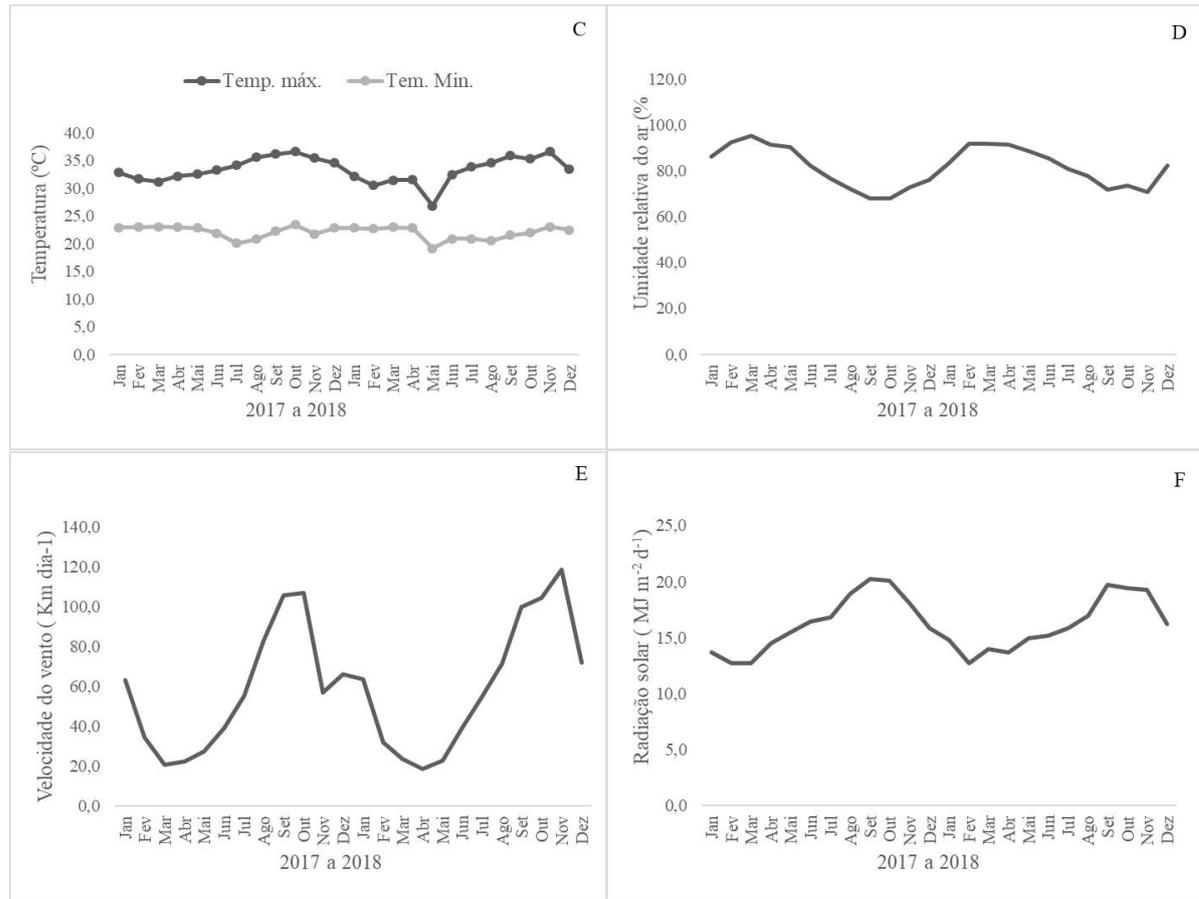
Tabela 1 - Atributos químicos do solo utilizado no cultivo das plantas no experimento. Camocim, Ceará, 2016.

Ph	7,3	P (mg dm ⁻³)	650,0	Cu (mg dm ⁻³)	1,0
SB(mmol _c dm ⁻³)	42,9	K (mmol _c dm ⁻³)	0,9	Fe (mg dm ⁻³)	11,0
CTC (%)	51,0	S (mg dm ⁻³)	14,0	Mn (mg dm ⁻³)	19,0
V (%)	84,1	Ca (mmol _c dm ⁻³)	30,0	Zn (mg dm ⁻³)	16,7
MO (g dm ⁻³)	18,0	Mg (mmol _c dm ⁻³)	9,0	Bo (mg dm ⁻³)	0,2
H+Al (mmol _c dm ⁻³)	8,0	Na (mmol _c dm ⁻³)	70,0	-	-
H (mmol _c dm ⁻³)	8,0	Cl (mg kg ⁻¹)	40,97	-	-

As médias mensais de temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar, velocidade do vento e déficit de pressão de vapor na fazenda Boa Esperança durante o período das coletas de dados do experimento, calculadas a partir de dados medidos em estação meteorológica automática modelo Hobo U-30 (Onset Computer Corporation), encontram-se na Figura 1.

Figura 2 – Dados meteorológicos do período avaliado. (A): Déficit de pressão de vapor, máximo (DPV) - Kpa; (B): Precipitação – mm; (C): Temperatura máxima e mínima - °C; (D): umidade relativa (RH) - %; (E): velocidade do vento a 2 m de altura (U2) em km.dia⁻¹ e (F): radiação solar global (Rn) em MJ.m⁻².s⁻¹.





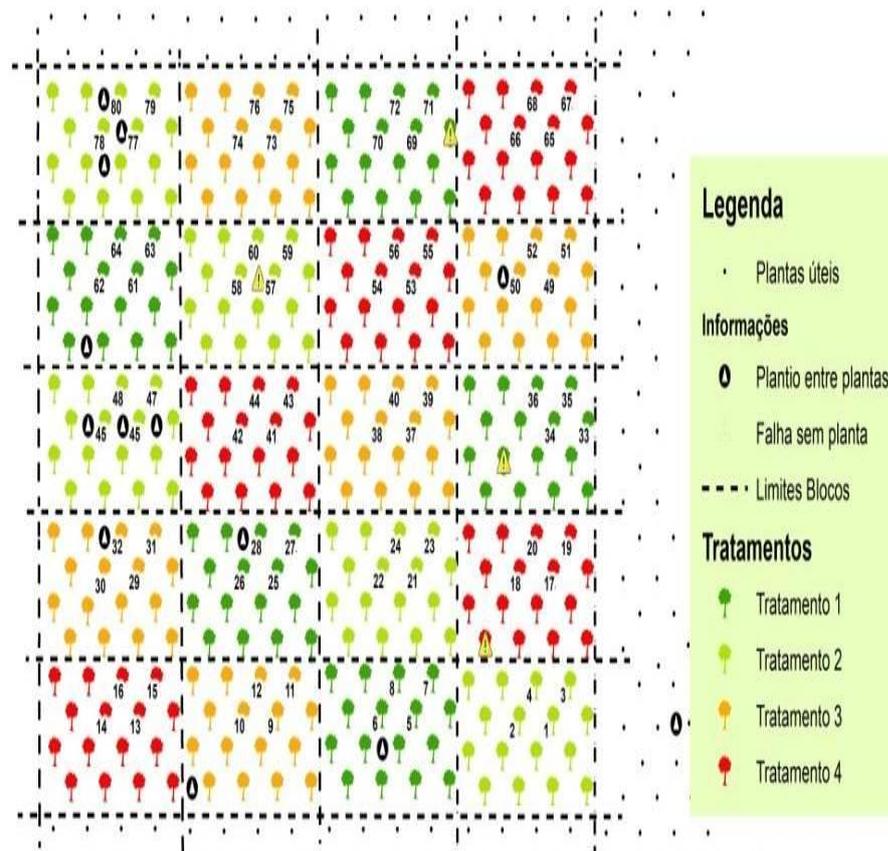
4.2 Implantação e disposição dos tratamentos

As mudas de coqueiro anão verde (*Cocos nucifera L.*), cv. Jiqui foram plantadas em 2013, no espaçamento triangular de 10 m x 10 m x 10 m, onde antes era ocupada por coqueiros gigantes, com o mesmo espaçamento. As mudas foram produzidas pela empresa COHIBRA e o cultivo é orgânico.

O experimento foi implantado em 2016. Os tratamentos consistiram da aplicação de diferentes lâminas de irrigação a partir da fração da evapotranspiração do coqueiro (T1 - 50%, T2 - 75% T3 - 100% e T4 - 125% da ETc), estimada a partir da evapotranspiração de referência e dos coeficientes de cultivo da cultura (kc) da cultura de acordo com MIRANDA et al., (2008).

O delineamento experimental foi o de blocos aleatorizados (Figura 2), com cinco repetições em fatorial de dois fatores, sendo o primeiro fator as lâminas de irrigação e o segundo os meses de avaliação do experimento, para cada ano. Cada parcela experimental foi constituída de 16 plantas, sendo as 4 centrais consideradas plantas úteis.

Figura 3 - Croqui de distribuição das parcelas experimentais.



4.3 Manejo das plantas

O manejo das plantas foi realizado exclusivamente pela empresa, seguindo os padrões do cultivo orgânico adotado pelas mesmas, já que possui certificação orgânica. O controle de pragas e doenças foi feito por pulverização à base de óleo de coco e detergente neutro. A adubação utilizada no experimento foi à base de composto orgânico oriundo de cama e dejetos de aves e resíduos de carnaúba, entre outros materiais. O composto foi aplicado no coroamento de cada planta, com frequência de duas vezes ao ano.

4.4 Sistema e manejo da irrigação

As plantas foram irrigadas por microaspersão com frequência de irrigação diária. A água foi captada em um poço profundo (CE média de $0,62 \text{ dS m}^{-1}$) e armazenada em um tanque de abastecimento, antes de aplicada para as plantas.

O cabeçal de controle foi composto por um conjunto motor bomba de 5 cv multi estágios modelo THEBE MOD. P- 11/9 NR TRIF. 4V. A. REND e um sistema de automação

composto por controlador, válvulas hidráulicas com solenóides e regulador de pressão. Entre o cabeçal de controle e a área experimental, a água foi conduzida por uma tubulação principal de pvc com diâmetro nominal 50 mm até linhas laterais compostas por mangueiras de polietileno de 16 mm. Os volumes de água aplicados nas irrigações foram monitorados tanto por um hidrômetro localizado no cabeçal de controle e conectado ao controlador, quanto por hidrômetros instalados no início das laterais, sendo monitorada uma lateral por tratamento. Os emissores apresentavam volume de vazão de 70 L h⁻¹ e diâmetro molhado de 4,5 m. Cada planta foi irrigada por um emissor.

O volume de água aplicado em cada planta foi calculado a partir da seguinte equação:

$$Va = ETc \times f \times A \times Tr$$

Onde, Va - volume de água a ser aplicado por planta (L), ETc - evapotranspiração da cultura (mm dia⁻¹), f - fator relativo ao tratamento de irrigação (1,25; 1,0; 0,75; 0,5), A - área ocupada por planta (m²), Tr - turno de rega (dia).

A evapotranspiração da cultura foi calculada utilizando-se a equação:

$$ETc = ET_0 \times Kc \times Kr$$

Onde, ETc - evapotranspiração da cultura (mm dia⁻¹), ET_0 - evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹), Kc - coeficiente de cultivo (adimensional), Kr - coeficiente de redução da evapotranspiração na irrigação localizada (adimensional).

A evapotranspiração de referência (ET_0) foi estimada pelo método da FAO - Penman-Monteith adotando-se o valor de $Kc = 1,0$ para o coqueiro em produção, segundo Miranda *et al.* (2006).

Para a estimativa do coeficiente de redução da evapotranspiração para a irrigação localizada (Kr), o coeficiente de cobertura do solo pela cultura (CS) foi medido no local e o Kr calculado pela equação proposta por Keller e Karmeli (1974):

$$Kr = \frac{CS}{0,85}$$

Os dados agrometeorológicos foram medidos a cada 60 min e coletados a cada sete dias, de uma estação climática instalada no local do experimento. Os mesmos foram utilizados como base para a determinação da quantidade de água aplicada pela irrigação em cada tratamento.

O monitoramento da umidade do solo foi feito diariamente com o auxílio de tensiômetros distribuídos na área experimental. Em cada tratamento foram instaladas três baterias de tensiômetros, em plantas de três diferentes blocos. Os tensiômetros foram

instalados nas profundidades de 0,2 e 0,6 m, a 1,2 m dos troncos dos coqueiros. As leituras foram realizadas diariamente no período da tarde (15:00-16:00 h), utilizando um tensímetro digital.

4.5 Variáveis analisadas

4.5.1 Potencial hídrico foliar (Ψ_w)

Os meses de avaliação durante o ano de 2017 para o ψ_w foram: junho, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro e no ano de 2018 foram avaliados os meses de: fevereiro, maio, julho, setembro, outubro e dezembro.

O potencial hídrico foliar foi determinado com uma bomba de pressão do tipo Schoalander (modelo DC CONSOLE, ALLEMAR). Para tanto, coletou-se um dos folíolos centrais da folha 9, retirando-se um segmento, o qual foi de imediato colocado na câmara da bomba de pressão, com parte do mesmo ficando exposto do lado de fora da câmara (Figura 3). Posteriormente, uma pressão foi aplicada, até a retomada do deslocamento da coluna de água dos vasos xilemáticos, visualizado pela exsudação da água, momento este no qual foi realizada a leitura da pressão, que corresponde ao potencial de pressão, que se convencionou como o potencial hídrico da folha. As leituras foram feitas sempre no período de 7 as 9 horas e o potencial hídrico expresso em MPa.

Figura 4 - Determinação de potencial hídrico foliar em plantas de coqueiro anão verde submetidas a aplicação de diferentes lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc.).



4.5.2 Trocas gasosas

As trocas gasosas, no ano de 2017 foram referentes aos meses de agosto a dezembro, totalizando cinco meses de avaliação e no ano de 2018 os meses avaliados foram: março, maio, julho, setembro, outubro, novembro e dezembro.

As variáveis fisiológicas: fotossíntese líquida - A , transpiração - E , condutância estomática - g_s e concentração interna de CO_2 - C_i , foram determinadas com um analisador de gases no infravermelho portátil - IRGA, (modelo LCI, ADC, BioScientific, Inglaterra). As mensurações ocorreram sempre entre 9 e 12 horas, utilizando fonte de radiação artificial de $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, temperatura, umidade e CO_2 ambientes.

Para as leituras das trocas gasosas se amostrou um dos folíolos centrais da folha 15 (na axila da qual se encontra o cacho de frutos amostrados), que foi destacado e imediatamente colocado na câmara do aparelho, onde foi realizada a leitura das trocas gasosas, que ocorreu em menos de 2 minutos (Figura 4).

Figura 5 - Medição de trocas gasosas foliares (A , g_s , E e C_i) em plantas de coqueiro anão verde submetidas a aplicação de diferentes lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc.).



4.5.3 Carboidratos solúveis totais

Para a análise de carboidratos solúveis totais, os meses amostrados foram agosto, novembro e dezembro de 2017 e os meses de maio, agosto e outubro do ano de 2018. Para a quantificação dos teores de carboidratos solúveis foi coletado um dos folíolos centrais da folha 15 (a mesma das trocas gasosas) de cada planta útil. Os folíolos depois de coletados foram armazenados em caixas de isopor contendo bolsas de gelo, visando a paralisação do

metabolismo, e transportados até o Laboratório de Fisiologia Vegetal da Embrapa Agroindústria Tropical.

Os folíolos foram secos em estufa com circulação forçada de ar temperatura de 60 °C, por um período mínimo de 72 horas, seguido de trituração em moinho analítico (Moinho Analítico IKA A11) até obtenção de um pó. Após a trituração, 1g do material seco foi colocado em tubos de ensaio e diluído em 50 ml de água deionizada. Os tubos contendo as amostras (material triturado e água) foram colocados para agitar em um agitador do tipo sheik, por duas horas e posteriormente a solução foi filtrada com auxílio de papel filtro para obtenção dos extratos.

Os carboidratos foram quantificados conforme Dubois *et al* (1956), utilizando fenol a 5% e ácido sulfúrico e leituras das amostras em espectrofotômetro, utilizando 490 nm de absorbância. Foi determinada uma curva padrão da concentração de carboidratos solúveis, utilizando glicose como padrão. A partir da equação de regressão linear obtida pela curva padrão foi mensurado o teor de carboidratos solúveis totais, expresso em mg glicose g⁻¹MS.

4.5.3 *Minerais nas folhas*

Para as análises dos minerais, foi coletado um dos folíolos centrais da folha 15 (a mesma das trocas gasosas) de cada planta útil nos meses de agosto, outubro e dezembro de 2017 e agosto, outubro e dezembro de 2018.

Os folíolos depois de coletados foram transportados até o Laboratório de Fisiologia Vegetal da Embrapa Agroindústria Tropical, secos em estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura de 60 °C, por um período mínimo de 72 horas, seguido de trituração em moinho analítico (Moinho Analítico IKA A11) até obtenção de um pó.

Para a análise de nitrogênio, a extração foi realizada conforme o método de Kjeldahl (1883), utilizando 0,2 g de material vegetal com solução digestora (175 ml de água mili-Q, 21,39g de Na₂SO₄ – sulfato de sódio, 4,0g de CuSO₄.5H₂O- sulfato de cobre e finalizada com o acréscimo de 200 ml de ácido sulfúrico concentrado- H₂SO₄). O nitrogênio presente na solução ácida resultante foi determinado por destilação por arraste de vapor, seguida de titulação com ácido diluído (H₂SO₄ 0,01N).

Para análise de minerais foliares (K, P, Ca, Mg, Mn e Cu) foi coletado um folíolo central pertencente a folha 15 e armazenado imediatamente em um isopor com gelo até a chegada ao laboratório de Fisiologia vegetal onde foi mantido em ultra freezer com

temperatura controlada (-80°C) até a secagem do material que foi feita em liofilizador e em seguida trituradas utilizando um moinho analítico (Moinho Analítico IKA A11). Depois de trituradas foi pesado aproximadamente 0,5 g do material vegetal, posteriormente foram adicionados 8 ml da mistura ácida (HNO₃ – HClO₄) (3:1); manteve-se a mistura a frio por 3 a 4 horas antes de serem levadas para o bloco digestor para aquecer. A temperatura inicial de aquecimento das amostras foi de 60 °C; de 30 em 30 minutos a temperatura foi aumentada até alcançar a temperatura máxima de 250 °C. Depois de retiradas do bloco e esfriarem, as amostras foram agitadas em vortex. O conteúdo da amostra foi transferido para um balão volumétrico de 50 ml e o volume foi completado com H₂O destilada. Após o procedimento filtrou-se as amostras utilizando papel filtro de velocidade lenta, ficando assim o material pronto para ser analisado. A determinação desses minerais foi feita por espectrômetro de emissão ótica por plasma acoplado indutivamente (Agilent, ICP-OES 5100). Esse equipamento faz as leituras simultaneamente para todos os analitos (CARMO *et al.*, 2000).

A determinação de boro foi feita por azometria H, segundo método de análise de tecidos vegetais proposto pela Embrapa Solos (CARMO *et al.*, 2000). Neste método a solubilização é realizada por via seca e a determinação é baseada na formação de um complexo de coloração amarelo resultante da reação do ácido bórico com o reagente azometria H e determinado por meio da espectrofotometria. Para tanto, o material vegetal proveniente de amostras das folhas 15 foi pesado (0,2 g) em cadinhos de porcelana, levadas para calcinar na mufla, onde o aumento da temperatura foi feito gradativamente a cada 100° C até o alcance de 600° C. As amostras permaneceram na temperatura de 600° C durante quatro horas após a estabilização. Após a retirada dos cadinhos e os mesmos esfriarem em dessecador, foi adicionado 10 ml de HCl 0,1 N; retirado uma alíquota de 2 ml do sobrenadante dos cadinhos e transferido para tubos falcon de 15 ml, onde se adicionou 2 ml da solução tampão e 2 ml da solução de azometria H, seguido de agitação em vortex. As amostras ficaram em repouso por 30 min em tubos falcon, na ausência de luz até a leitura via espectrofotometria utilizando 420 nm de absorbância.

Figura 6 - Determinação de boro em folhas de plantas coqueiro anão verde submetidas a aplicação de lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc.).



4.5.5 Produção de frutos e qualidade da água de coco

Para a análise da produção e qualidade dos frutos foi coletado o cacho 9. As avaliações foram realizadas a cada 21 dias, conforme calendário comercial da empresa, que por sua vez reflete o tempo médio de maturação entre dois cachos subsequentes (totalizando doze avaliações por ano).

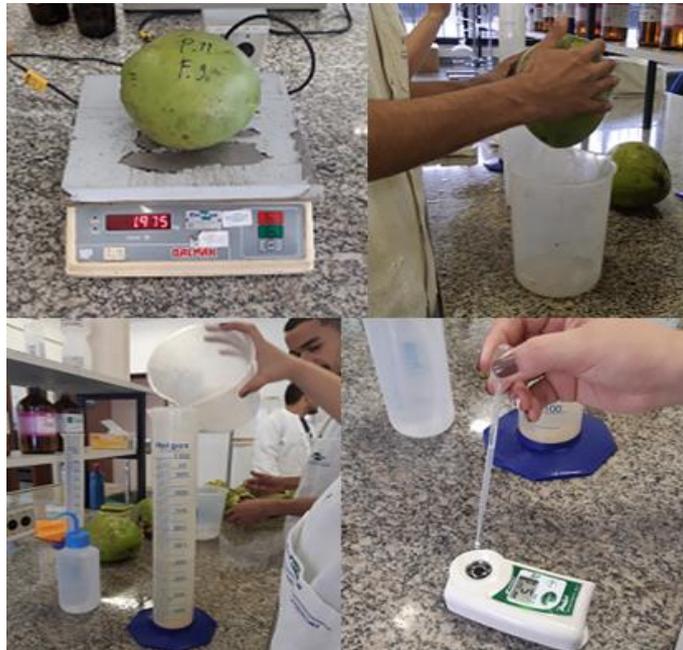
O número de frutos por cacho foi obtido por meio da contagem manual do número de frutos no cacho mencionado.

Para o peso de frutos, foi selecionado um fruto representativo do cacho, o qual foi pesado em balança digital (Figura 5).

O volume de água do fruto foi medido pela retirada do líquido do fruto selecionado e medição em proveta graduada (Figura 5).

O teor de sólidos solúveis totais (SST) da água dos frutos foi medido retirando uma alíquota da água de coco, após mensurado o volume, e medição utilizando um refratômetro portátil, (PAL-3, marca Atago) (Figura 5).

Figura 7 - Avaliação de produção e qualidade da água de coco de plantas de coqueiro anão verde submetidas a aplicação de lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc).



4.5.6 Produtividade da água

A produtividade da água (WP) aplicada no coqueiral foi determinada para cada tratamento, tanto em termos de produção de frutos, como em produção de água de coco, de acordo com as seguintes equações:

$$WP_f = \left(\frac{P_f}{L} \right) / 1000$$

$$WP_a = \left(\frac{P_a}{L} \right) / 1000$$

Em que: WP_f - Produtividade da água em termos da produção de frutos (frutos m^{-3}); P_f - Produtividade de frutos (frutos coletados $planta^{-1}$); WP_a - Produtividade da água em termos da produção de água de coco (L de água de coco m^{-3} de água); P_a - Produtividade de água de coco (L $planta^{-1}$); L - volume de água aplicado na irrigação (m^3 $planta^{-1}$).

4.5.7 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos inicialmente à análise de variância (ANOVA) pelo teste F ($p < 0,05$). Para as variáveis qualitativas que apresentaram diferença significativa, procedeu-se da comparação das médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), enquanto para as

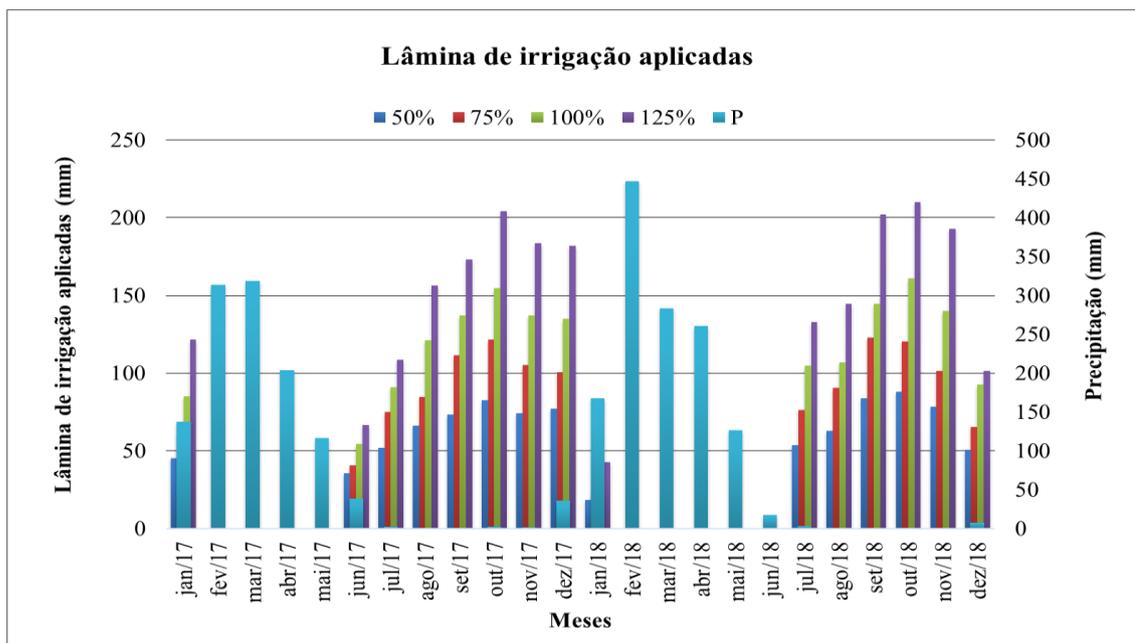
variáveis quantitativas foram construídas curvas de regressão que foram analisadas quanto à significância. Para as análises se utilizou os programas de análise estatística SISVAR versão 5.6 e SAEG versão 5.0.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Volume de água de irrigação

O volume de água aplicado foi maior nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro, em função da maior necessidade hídrica das plantas no período em resposta a maior demanda evaporativa (Figura 7). Houve uma diminuição dos volumes aplicados no ano de 2018 em comparação com o ano de 2017, aproximadamente 14% a menos de aplicação de água em todos os tratamentos.

Figura 8 - Precipitação e irrigação aplicados em plantas de coqueiro anão verde, submetidas aos tratamentos de 50, 75, 100 e 125% da ETc.), nos anos de 2017 e 2018. Camocim, Ceará.



5.2 Potencial hídrico foliar

O potencial hídrico (ψ_w) das plantas não foi afetado pelos tratamentos hídricos, em ambos os anos (2017 e 2018), mas sofreu influência significativa para as épocas avaliadas ($p \leq 0,05$), sem interação entre os fatores (Tabela 2).

Tabela 2 - Análise de variância do potencial hídrico (ψ_w) de plantas de coqueiro anão verde submetidos a diferentes níveis de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc.) e coletados em diferentes meses dos anos de 2017 e 2018.

Fontes de variação	Quadrados médios		
	GL	2017 ψ_w	2018 ψ_w
Bloco	4	101,90**	11,16ns
Lâmina	3	20,95ns	23,40ns
Mês	5	99,99**	378,62**
Lam x mês	15	9,69ns	15,43ns
Resíduo	29	15,04	24,44
Total	119	2499,86	4487,59
CV (%)	-	30,14	40,00

No ano de 2017, os menores valores de ψ_w foram encontrados de setembro a dezembro, com média de -1,4 MPa. Em 2018 o menor valor foi encontrado em outubro (-1,9 MPa) (Figura 8).

Apesar da grande diferença na quantidade de água aplicada para as plantas dos vários tratamentos, o potencial hídrico semelhante entre as mesmas indica que as plantas não sofreram déficit hídrico, pelo menos déficit hídrico severo, visto que durante a noite as mesmas recuperaram seu potencial de hidratação.

Por outro lado, nos meses de maiores DPV (Quadro 2), o potencial hídrico foi menor, independente do tratamento hídrico aplicado, sugerindo que nessas condições de ambiente, independente da disponibilidade hídrica do solo, as plantas não conseguem manter o mesmo estado hídrico de quando sob DPV menor (fevereiro 2018) (Quadro 2).

Mudanças no potencial da água na folha (cv. West Coast Tall) foram monitoradas ao longo de um período de seis meses em Kerala, sul da Índia por Shivashankar et al. (1991). Os valores diurnos apresentaram um declínio com a progressão da estação seca, de cerca de -1,0 MPa para -2,0MPa. Por outro lado, os valores das palmeiras que eram irrigadas permaneceram com valores acima de -1,3 MPa. Ainda segundo os autores esses valores estavam ligados ao tempo em que mudanças induzidas por estresse nas atividades de três enzimas foram registradas.

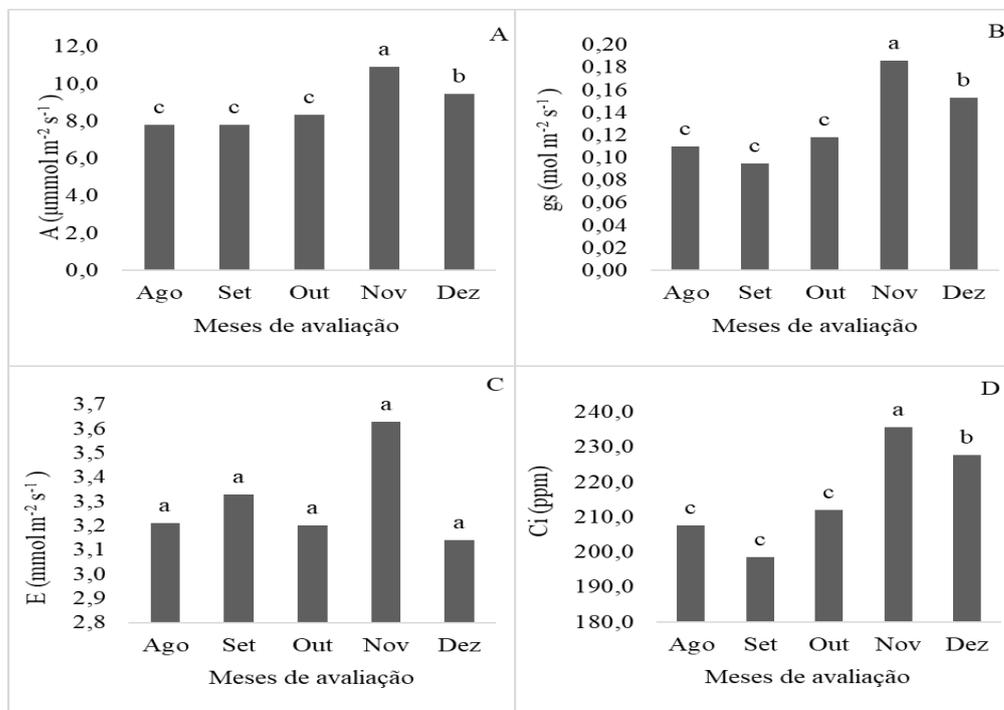
Realizando um teste de irrigação em Kerala os autores (RAJAGOPAL *et al.*, 1989), encontraram uma redução progressiva na condutância estomática e no potencial de água das folhas (de -0,9 para -1,4 MPa), quando o intervalo de irrigação foi estendido de 12 para 16 e 24 dias. Os tratamentos de irrigação foram aplicados de dezembro a maio ao longo de dois anos consecutivos.

Legenda: *A* - Fotossíntese líquida ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), *gs* - condutância estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), *E* - transpiração foliar ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e *Ci* - concentração de CO_2 interna (ppm). ns – não significativo * significativo 5% de probabilidade e ** significativo 1% de probabilidade pelo teste F.

No ano de 2017, em que foi avaliado apenas os meses da estação seca, novembro foi o mês com maiores valores de trocas gasosas (*A*, *gs* e *Ci*), seguido de dezembro. Ao se comparar os valores de *gs* de agosto a outubro (em torno de $0,1 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (Figura 10B) com o valor de um mês chuvoso de 2018 (em torno de $0,2 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (Figura 11B), se verifica uma redução de 50% da abertura estomática, com uma redução de 33% da fotossíntese comparando-se os mesmos períodos. Entretanto, tanto a condutância como a fotossíntese foram recuperadas em novembro, sugerindo uma adaptação das plantas ao ambiente.

Alguns autores justificam a redução na taxa fotossintética da cultivar anão verde pela redução na condutância estomática (Passos et al., 1999 e Gomes et al., 2002), fato este ocorrido no presente trabalho, onde os meses de agosto, setembro e outubro apresentaram as menores taxas de fotossíntese líquida (*A*) e também menor abertura estomática (Figura 10A e 10B).

Figura 10 - Trocas gasosas de plantas de coqueiro anão verde em diferentes meses do ano de 2017.



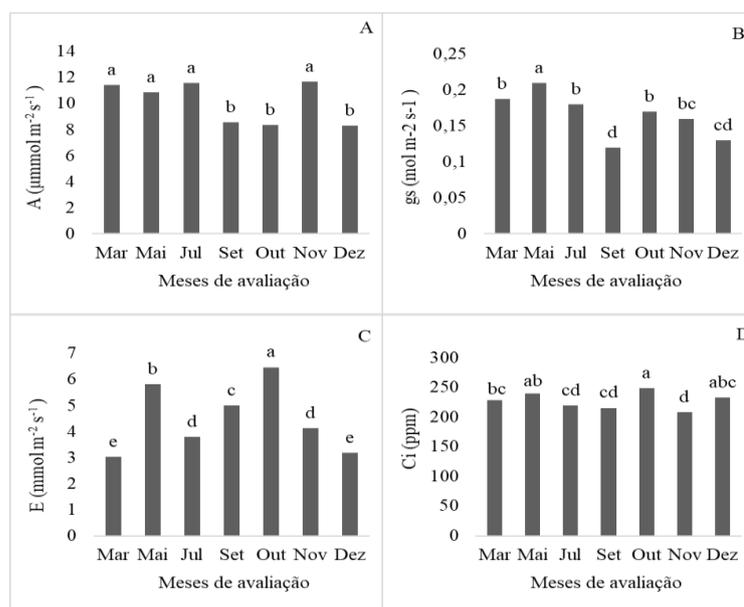
Comparando-se os dois anos de avaliação, observou-se que entre a passagem da estação seca do ano de 2017 para a estação chuvosa do ano de 2017, houve uma continuidade

da redução da fotossíntese, sendo recuperada e alcançando melhores valores somente a partir do mês de março e mantendo-se até junho (Figura 11A), sendo que o período de chuvas do ano de 2018 teve início ainda em dezembro de 2017. Esses resultados corroboram com os encontrados por Gomes; Prado (2017), onde demonstraram que os fatores não estomáticos contribuem para a redução da fotossíntese tanto durante o período de déficit hídrico severo quanto na fase de recuperação após a retomada da irrigação.

Em 2018, o mês de maio (período chuvoso) apresentou, no geral, os maiores valores de trocas gasosas, embora para a fotossíntese, também os meses de março, julho e novembro (período sem chuva) apresentaram valores elevados de fotossíntese líquida (11,42; 11,59; 11,67 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ respectivamente), enquanto que setembro, outubro e dezembro apresentaram os menores valores de A (8,57; 8,35 e 8,29 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (Figura 11A). Para g_s , março, julho, outubro e novembro apresentaram valores abaixo de maio, mas ainda elevados (em torno de 0,18 $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (Figura 11B). A taxa de transpiração (E) foi maior no mês de outubro, chegando a valores de 6,67 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Figura 11C).

Pode-se observar que com o aumento da temperatura, altos valores de DPV e incidência de ventos a planta reduziu suas trocas gasosas, evidenciando uma resposta estomática aos estímulos ambientais.

Figura 11 - Trocas gasosas de plantas de coqueiro anão verde em diferentes meses do ano de 2018.



Os valores de g_s e E para os meses contidos dentro da estação chuvosa (março e maio de 2018) estão próximos do encontrado por Passos, et al. (2005), onde os valores de g_s e

E na estação chuvosa de Sergipe, mantiveram-se acima de $0,15 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e $2,9 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente.

A não modificação das trocas gasosas em função dos tratamentos hídricos aplicados no ano de 2018 é similar aos resultados de Silva, Junior e Leal (2003), que trabalhando com lâminas de irrigação observaram que diferentes níveis de irrigação não interferiram na fotossíntese líquida de plantas de coqueiro anão verde.

Esse resultado sugere que as plantas não sofreram deficiência hídrica (apesar da grande diferença na quantidade de água aplicada no tratamento de menor lâmina com o de maior lâmina de irrigação), uma vez que segundo Chaves, Flexas e Pinheiro (2000), o fechamento estomático é um dos primeiros processos a serem prejudicados pela deficiência hídrica em plantas, afetando diretamente a taxa de assimilação líquida de CO_2 . Essa suposição é reforçada pelo comportamento de potencial hídrico, que não foi afetado pelos tratamentos hídricos (Tabela 2).

Da mesma forma, Gomes e Prado (2007) citam que o fechamento estomático é uma das respostas mais rápidas e mais intensas que ocorrem em plantas submetidas a estresses que comprometem seu estado hídrico. Essa resposta estomática é regulada por vias de sinalização que ocorrem nas raízes e é modulada pela síntese e distribuição do ácido abscísico (ORSINI et al., 2012).

5.4 Carboidratos solúveis totais

O teor de carboidratos foliares não variou em função das lâminas de irrigação utilizadas, no entanto apresentou diferenças estatísticas significativas ($p \leq 0,01$) entre os meses de avaliação de ambos os anos, sem interação entre os fatores (Tabela 4).

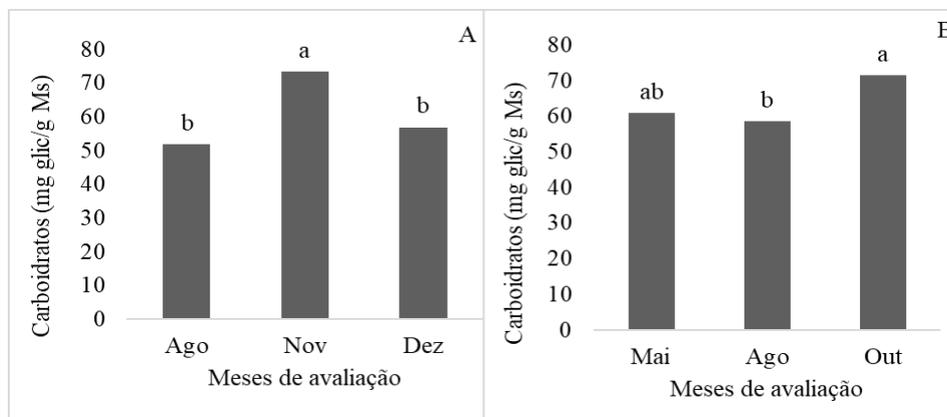
Tabela 4 - Análise de variância de carboidratos solúveis totais de folhas de coqueiro anão verde submetidos a diferentes níveis de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc.) e coletados em diferentes meses dos anos de 2017 e 2018.

Fontes de variação	Quadrados médios		
	GL	Carboidratos Solúveis Totais	
		Ano 2017	Ano 2018
Bloco		282,81ns	105,14ns
Lâmina	4	27,26ns	123,71ns
Mês	3	2326,82**	1022,18**
Lam. x mês	2	125,78ns	30,77ns
Resíduo	6	113,35	60,20
Total	44	11608,76	5669,91
CV (%)	-	17,16	12,79

Legenda: ns – não significativo * significativo 5% de probabilidade e ** significativo 1% de probabilidade pelo teste F.

Os maiores teores de carboidratos solúveis totais foram encontrados nos meses de novembro de 2017 e outubro de 2018, chegando a valores de 70,9 e 68,9 mg glic g⁻¹ Ms, respectivamente e menor teor para amostras colhidas no mês de agosto de 2017 com total de 50,1 mg glic g⁻¹ Ms. (Figura 12).

Figura 12 - Carboidratos solúveis totais presentes em folhas de coqueiro anão verde submetidos a lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc) e meses de avaliação no ano de (A) 2017 e (B) 2018.



O fato de os teores de carboidratos diferirem durante as épocas de avaliação sugere que as plantas tendem a “gastar” ou armazenar esses açúcares de forma diferente ao longo do ciclo de produção. Assim, nos meses de maiores demandas evaporativas, as plantas acumulam carboidratos nas folhas, provavelmente em função de uma menor translocação dos mesmos para os frutos.

Se observa ainda uma boa correlação entre as maiores taxas fotossintéticas e os teores de carboidratos solúveis nas folhas, com estes apresentando maiores valores quando aquelas também foram maiores (maiores teores de carboidratos nos meses de novembro de 2017 e outubro de 2018, com taxas de fotossíntese líquida em torno de 8-10 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e 9-12 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente). De acordo com Taiz e Zeiger (2011), quando a taxa de fotossíntese é alta, ocorre o acúmulo de açúcares totais nas folhas.

As plantas costumam reagir osmoticamente à redução da disponibilidade hídrica do solo incrementando os teores de carboidratos solúveis em seus tecidos, a fim de contribuir para a adaptação ou simplesmente para o ajuste ao estresse hídrico imposto (VITORINO et

al., 2013). Em adição, segundo Pedroso et al, (2014), os carboidratos solúveis sintetizados nas folhas são utilizados para manter as atividades metabólicas que são responsáveis por garantir a sobrevivência das plantas, de modo que as reduções na concentração foliar destes compostos são frequentemente relatadas em condições severas de déficit hídrico.

Como não se observou mudanças nos carboidratos solúveis foliares em função dos tratamentos hídricos, pode-se mais uma vez inferir que as plantas não sofreram deficiência hídrica, nem na menor lâmina aplicada (50% da ETc).

5.5 Minerais foliares

Na Tabela 5 estão apresentados os resultados da análise de variância para os teores de minerais presente nas folhas de coqueiro anão verde em função de aplicação de níveis de irrigação (50, 75, 100 e 125% da Etc.) e meses de avaliação em 2017.

Tabela 5 - Análise de variância dos teores de minerais de folhas de plantas de coqueiro anão verde submetidos a lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc) e meses de avaliação no ano de 2017.

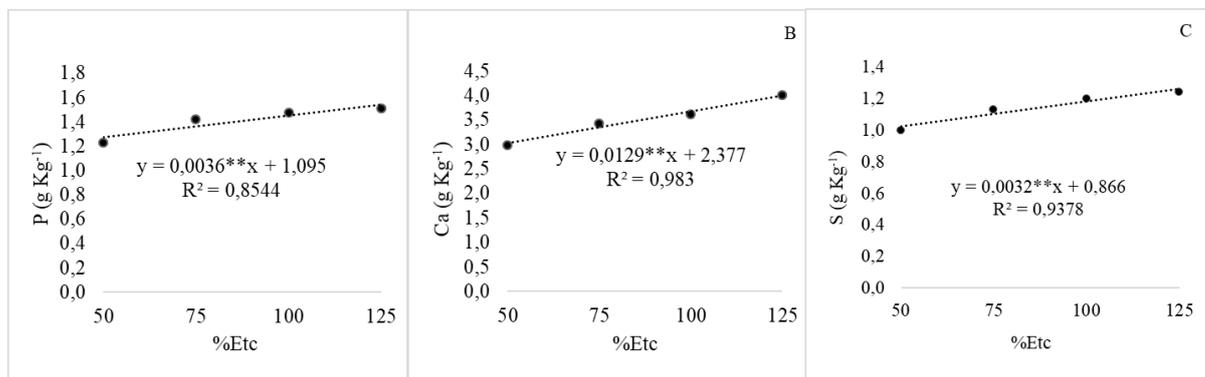
Quadrados médios							
Fontes de variação	GL	Macronutrientes					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Bloco	4	0,41ns	0,03ns	2,57ns	0,37ns	0,14ns	0,03ns
Lâminas	3	0,39ns	0,23**	1,66ns	2,67**	1,07ns	0,17**
Meses	2	0,78ns	0,08ns	26,36**	13,65**	11,50**	0,03ns
Lam. x mês	6	0,48ns	0,05ns	9,57**	0,29ns	0,77ns	0,03ns
Resíduo	44	0,51	0,03	3,32	0,39	0,82	0,02
Total	59	29,86	2,70	274,14	55,98	67,69	1,98
CV%	-	4,86	12,57	14,46	17,89	25,67	13,42
Micronutrientes							
Fontes de variação	GL	Micronutrientes					
		Na	Cu	Mn	B		
Bloco	4	0,095ns	1,039ns	97,308ns	16,723ns		
Lâminas	3	0,155ns	5,748*	81,393ns	1,216ns		
Meses	2	5,886**	20,128**	429,129*	443,622**		
Lam. x mês	6	0,137ns	7,728**	52,984ns	16,906ns		
Resíduo	44	0,131	1,822	127,021	28,864		
Total	59	19,226	248,221	7398,545	2329,249		
CV%	-	17,86	39,46	40,70	28,58		

Legenda: N – Nitrogênio, P – fósforo, K – potássio, Ca - cálcio, Mg – magnésio, S – enxofre, Na – sódio, Cu – cobre, Mn – manganês e B – boro. ns – não significativo * significativo 5% de probabilidade e ** significativo 1% de probabilidade pelo teste F.

As lâminas de irrigação influenciaram os teores de P, Ca, S e Cu, enquanto houve variação significativa dos teores de K, Ca, Mg, Na, Cu, Mn e B entre os meses de coletas. Houve ainda interação entre os dois fatores para K e Cu (Tabela 5).

Os teores de P, Ca e S foram menores nas folhas das plantas que receberam 50% da ETc, com aumento de 0,033 g de P Kg⁻¹ de MS a cada aumento de 10% da lâmina de irrigação (Figura 13). Assim a redução entre uma lâmina de 100% da ETc para 50% da ETc foi de 12%. Na menor lâmina, os valores desses nutrientes ficaram um pouco abaixo da faixa crítica segundo dados apresentados por Lindbergue e Naumov (2009), onde para esses nutrientes no coqueiro com valores de 1,23 kg ha⁻¹, 2,99 kg ha⁻¹ e 1,0 kg ha⁻¹ na folha nº 14 para P, Ca e S, respectivamente.

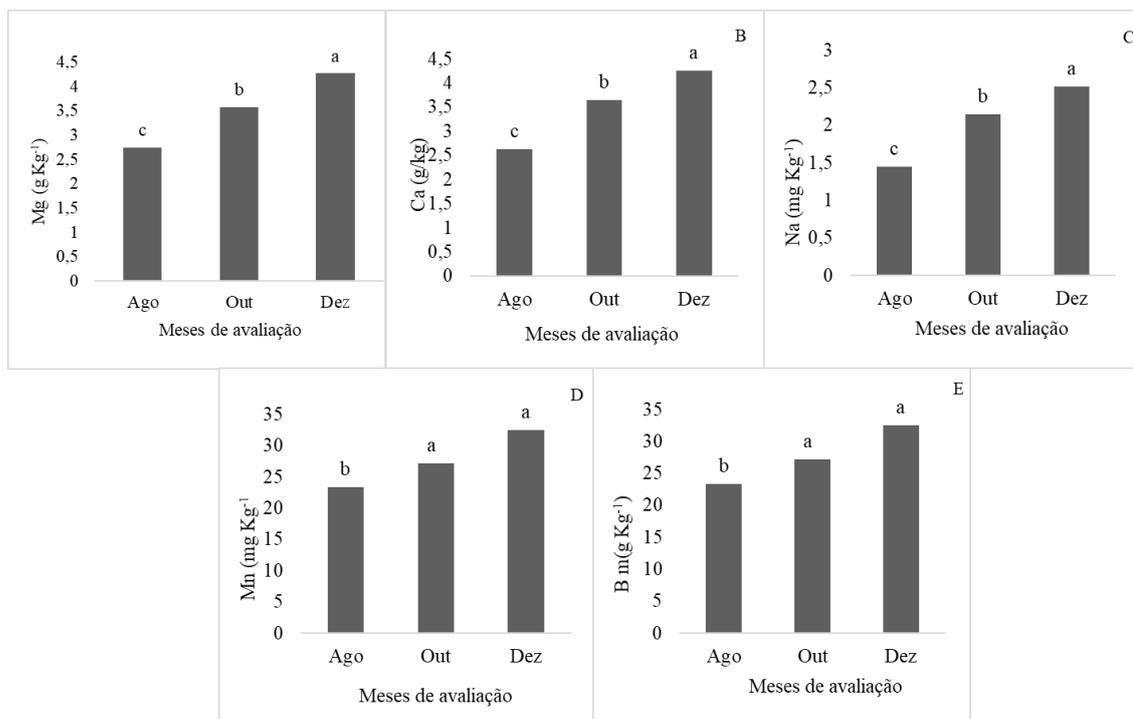
Figura 13 - Teor de fósforo, cálcio e enxofre em folhas de plantas de coqueiro anão submetidas a diferentes lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc.), ao longo do ano de 2017. Camocim, Ceará, Brasil.



Sete dos dez minerais foram influenciados pela época de coleta, sendo que dois deles apresentaram interação com os níveis de irrigação. Os cinco que sofreram influência dos meses, independente da lâmina de irrigação (Ca, Mg, Na, Mn e B) tiveram maiores valores no mês de dezembro (4,26 g Kg⁻¹, 4,27 g Kg⁻¹, 2,52 mg kg⁻¹, 32,55 mg kg⁻¹ e 19,29 mg kg⁻¹, respectivamente) (Figura 14).

Segundo Holanda e Raij com dados publicados por Lindbergue e Naumov (2009), o nível crítico de Na, Mn são 1,3 e 65 mg kg⁻¹ respectivamente, valores superiores aos encontrados no presente trabalho.

Figura 14 - Teor de Mg, Ca, Na, Mn e B em folhas de plantas de coqueiro anão em função dos meses de avaliação ao longo do ano de 2017. Camocim, Ceará, Brasil.



O mês de agosto apresentou maior concentração de K na folha, apresentando maiores valores para as lâminas de 75, 100 e 125% da ETc. O mês de outubro apresentou concentração de K semelhante entre os tratamentos hídricos utilizados, alcançando média dos tratamentos de $11,85 \text{ g kg}^{-1}$ (média mais baixa em relação aos outros meses avaliados) (Tabela 6).

Para o teor de Cu nas folhas de coqueiro anão verde o mês de dezembro apresentou os menores valores, seguidos dos meses outubro e novembro ($1,6$; $4,2$ e $4,46 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente). Houve variação na concentração de cobre nas folhas em função dos tratamentos hídricos, apresentando uma oscilação de $3,4 \text{ mg kg}^{-1}$ para a lâmina de 75% da ETc a $4,6 \text{ g kg}^{-1}$ nos tratamentos de 50 e 100% da ETc.

Tabela 6 - Teores de K e Cu presentes em folhas de plantas de coqueiro anão submetidas a diferentes lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc), ao longo de meses de avaliação dos anos de 2017 e 2018. Camocim, Ceará, Brasil.

Tratamento (%ETc)	2017					
	K (g kg ⁻¹)			Cu (mg kg ⁻¹)		
	Ago	Out	Dez	Ago	Out	Dez
50	11,44 ^a	11,80 ^a	13,76 ^a	2,0 ^b	4,6 ^a	1,2 ^b
75	14,66 ^b	12,72 ^{ab}	11,58 ^b	5,8 ^a	3,4 ^a	1,6 ^a
100	14,1 ^a	11,06 ^b	11,86 ^{ab}	3,8 ^{ab}	4,6 ^a	1,8 ^b
125	15,32 ^a	11,82 ^b	11,30 ^b	6,26 ^a	4,2 ^a	1,8 ^b
CV(%)	14,46			39,46		

- letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença estatística entre os tratamentos, enquanto letras maiúsculas diferentes na linha indica diferença significativa entre os meses avaliados.

No ano de 2018, com relação aos tratamentos hídricos, todos os macros e micronutrientes analisados não sofreram diferença estatística significativa, com exceção do Cu. Para o fator mês de avaliação, os nutrientes K, Ca, Mg, Na, Mn e B apresentaram diferenças estatística significativa, evidenciando variação ao longo do ano (Tabela 7).

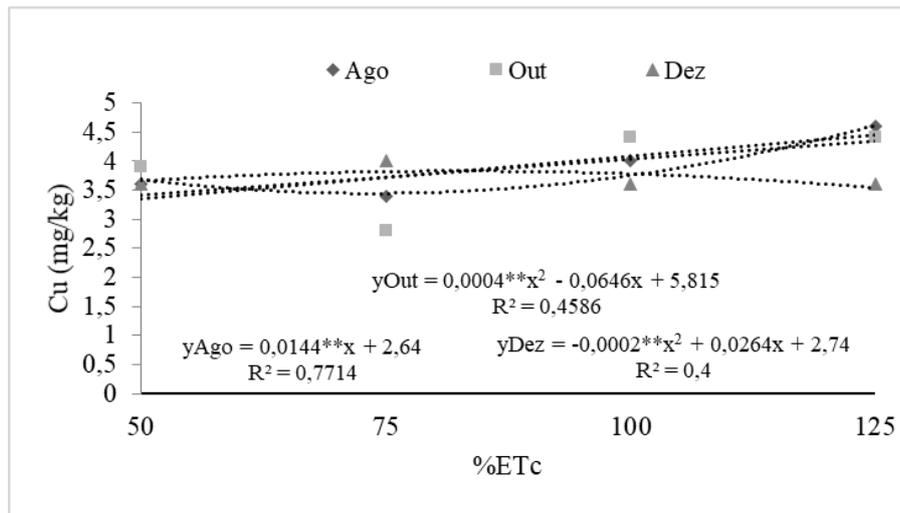
Tabela 7 - Análise de variância dos teores de minerais de folhas de plantas de coqueiro anão verde submetidos a lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc) e meses de avaliação no ano de 2018.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios					
		Macronutrientes					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Bloco	4	1,24ns	0,02ns	0,82ns	0,34ns	0,20ns	0,02*
Lâminas	3	0,51ns	0,03ns	0,17ns	0,27ns	0,29ns	0,01ns
Meses	2	2,48ns	0,03ns	20,84**	2,78**	5,36**	0,01ns
Lam x mês	6	0,92ns	0,01ns	3,09ns	0,06ns	0,08ns	0,00ns
Resíduo	44	2,04	0,01	1,77	0,24	0,17	0,00
Total	59	107,01	1,02	142,06	19,02	20,70	0,50
CV%	-	13,00	8,10	12,12	14,52	12,48	7,49
Fontes de variação	GL	Micronutrientes					
		Na	Cu	Mn	B		
		Bloco	4	0,02ns	0,39ns	265,47*	31,72ns
Lâminas	3	0,01ns	1,8**	42,95ns	50,46ns		
Meses	2	2,21**	0,11ns	1578,21**	863,15**		
Lam x mês	6	0,05ns	1,31**	47,95ns	11,06ns		
Resíduo	44	0,04	0,30	58,09	25,19		
Total	59	6,68	28,98	7190,91	3179,65		
CV%	-	10,31	14,58	19,21	25,55		

Legenda: N – Nitrogênio, P – fósforo, K – potássio, Ca - cálcio, Mg – magnésio, S – enxofre, Na – sódio, Cu – cobre, Mn – manganês e B – boro. ns – não significativo * significativo 5% de probabilidade e ** significativo 1% de probabilidade pelo teste F.

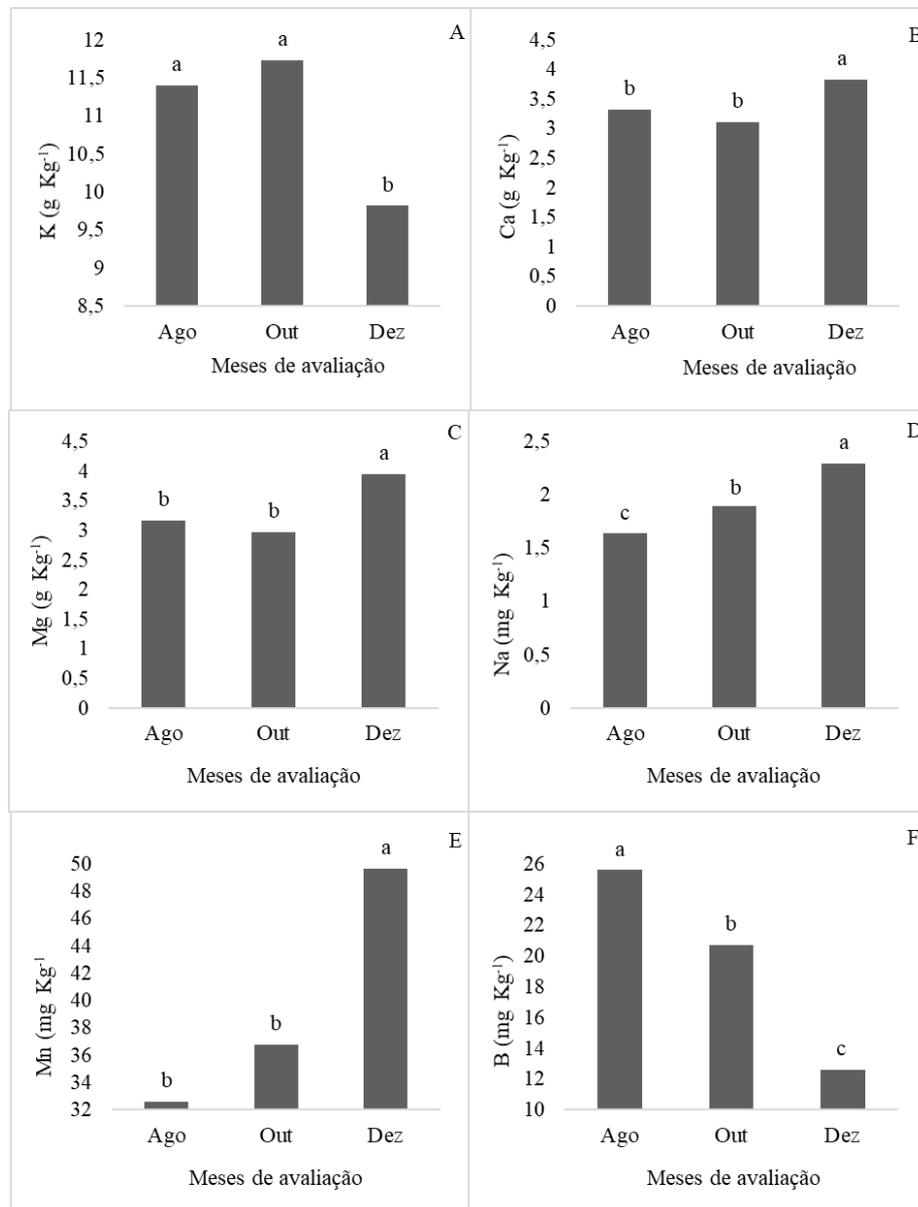
Para o teor de Cu nas folhas foi observado um comportamento diferente de resposta às lâminas de irrigação para cada mês analisado. Em agosto, o aumento do teor de Cu foi linear com a elevação da lâmina de irrigação. Nos dois outros meses, a resposta foi quadrática, com ponto de mínima para as lâminas intermediárias no mês de outubro e ponto de máxima nessas mesmas lâminas intermediárias no mês de dezembro. De modo geral os teores de cobre foram maiores em todos os meses avaliados quando se utilizou lâminas de 100 e 125% da ETc (Figura 15).

Figura 15 - Teor de cobre em folhas de plantas de coqueiro anão submetidas a diferentes lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc.) e coletadas em diferentes meses do ano de 2018. Camocim, Ceará, Brasil.



Os teores de K e B apresentaram menores valores nas folhas de coqueiro no mês de dezembro, contrariamente aos teores de Ca, Mg, Na e Mn, que tiveram seus maiores valores exatamente no mês de dezembro (3,83, 3,96 e 2,3 mg kg⁻¹ de material seco, respectivamente) (Figura 16).

Figura 16 - Teor de K, Ca, Mg, Na, Mn e B em folhas de plantas de coqueiro anão em função dos meses de avaliação ao longo do ano de 2018. Camocim, Ceará, Brasil.



5.6 Produção de frutos e qualidade da água de coco

Com exceção do peso dos frutos, os demais parâmetros foram afetados pelas lâminas de irrigação aplicadas em 2017, enquanto o fator época de colheita influenciou todas as variáveis, mostrando que há diferenças na produção e qualidade da água de coco ao longo dos meses de avaliação. Além disso, houve interação entre os dois fatores para o volume de água produzido (Tabela 8).

Tabela 8 - Análise de variância para o peso de frutos - PES, volume de água de frutos - VOL, sólidos solúveis totais – SST (°Brix) e número de frutos por cacho - NF de plantas de coqueiro anão verde submetidos a lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc) e meses de avaliação no ano de 2017.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		2017			
		NF	PES (g)	VOL (ml)	SST
Bloco	4	0,13ns	121746,5**	10729,1**	4,0ns
Lâmina	3	0,89**	80933,2ns	3664,8**	12,7*
Colheita	6	1,43**	902131,2**	172705,2**	75,8**
Lam. x colh.	18	0,10ns	53661,7ns	10056,3**	2,2ns
Resíduo	108	0,08	34243,7	2573,6	4,0
Total	139	23,05	10806809,6	1642110,4	986,0
CV%	-	5,24	8,34	9,14	26,01

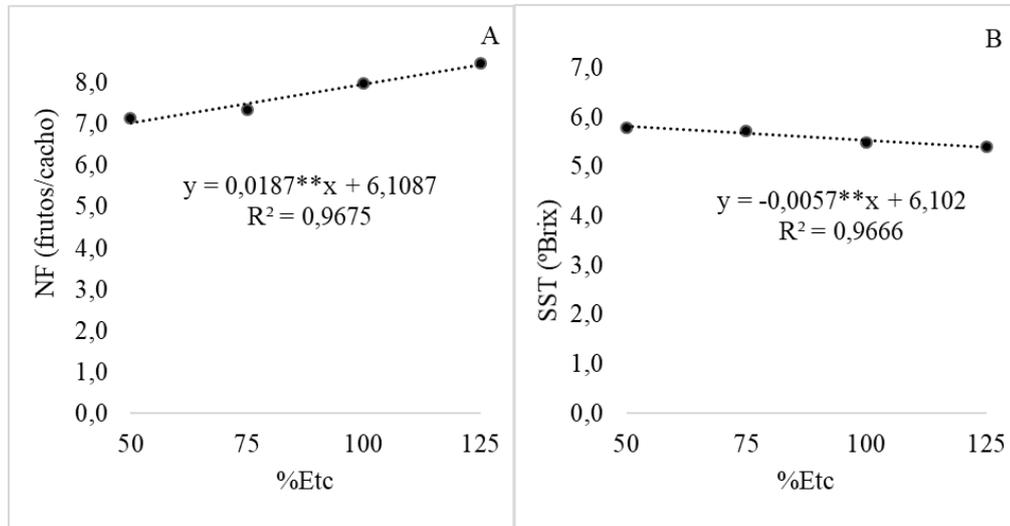
Legenda: PES – peso de frutos (g), Vol – volume de água do fruto (ml), NF – número de frutos por cacho e °BRIX – sólidos solúveis totais. ns – não significativo * significativo 5% de probabilidade e ** significativo 1% de probabilidade pelo teste F.

Em 2017, o número de frutos por cacho cresceu linearmente com a lâmina de irrigação aplicada, com um aumento de 0,19 frutos a cada aumento de 10% da lâmina aplicada (entre 50% e 125% da ETc) (Figura 17A).

Em contrapartida, o valor de sólidos solúveis foi menor quando foi aplicado as maiores quantidades de água, com uma relação linear negativa ($Y = -0,0057x + 6,102$) (Figura 17B). Se observa uma forte correlação negativa entre volume de água produzido e sólidos solúveis, significando que quando o volume de água de coco é baixo a concentração de sólidos solúveis totais é maior, tornando assim a água mais doce.

No ano de 2017, dentro dos tratamentos hídricos utilizados a variação de SST foi de 4 a 5,8, apresentando um comportamento linear decrescente (Figura 17B), ficando assim dentro das recomendações delimitadas pela instrução normativa Nº 27, de 22 de julho de 2009 (BRASIL, 2019) que estabelece, para as águas de coco resfriadas, pasteurizadas, congeladas e resfriadas, um teor máximo de SST de 6,7%; já para a água de coco concentrada admite-se um teor de SST mínimo de 6,75 e para a água de coco desidratada uma variação de 4,5 á 6,7% de SST.

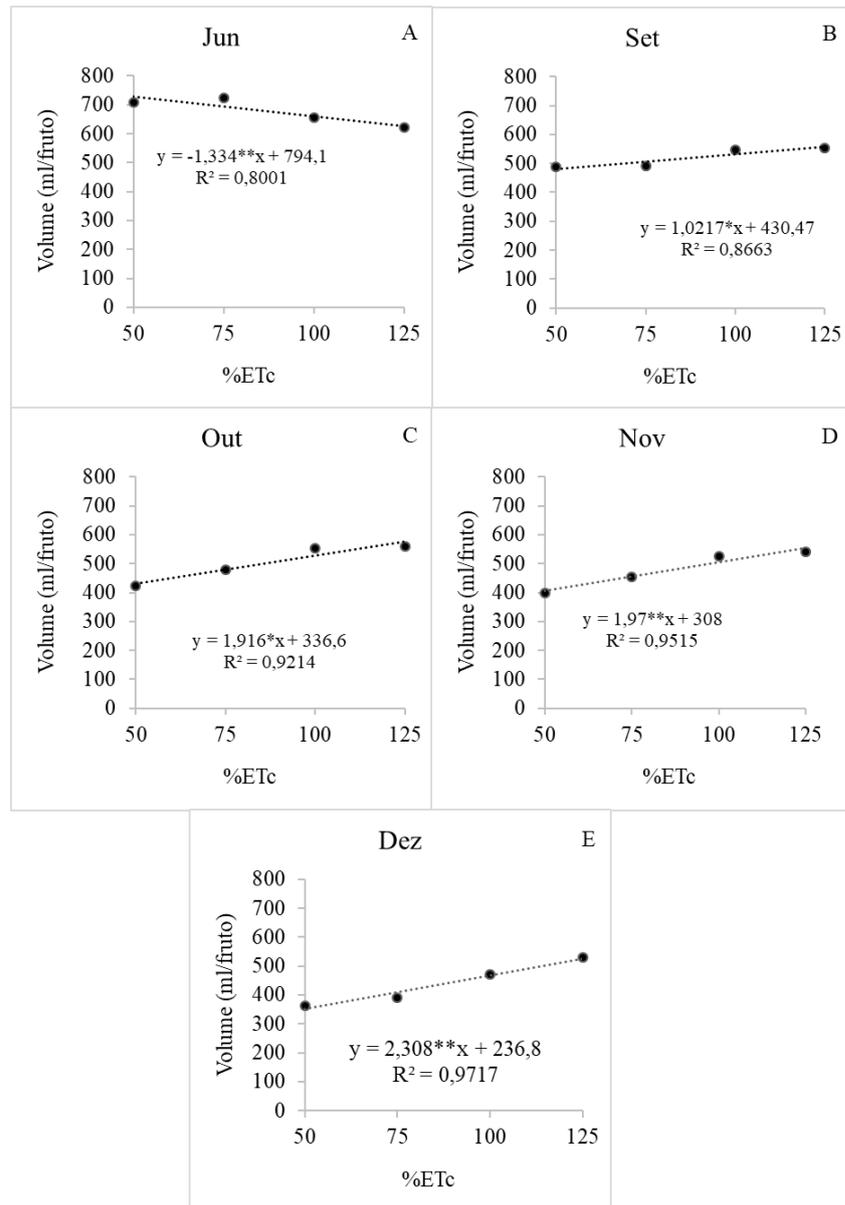
Figura 17 - Número de frutos e sólidos solúveis de frutos de plantas de coqueiro anão submetidas a diferentes lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc.), ao longo do ano de 2017. Camocim, Ceará, Brasil.



Conforme já mencionado, o peso dos frutos não foi influenciado pela lâmina de irrigação, embora o volume de água produzido cresça com o aumento da lâmina de irrigação, o que se apreende que nas menores lâminas há um aumento no peso do conjunto epicarpo, mesocarpo, endocarpo e copra (compensando assim o menor volume de água presente nos frutos).

O volume de água por fruto apresentou comportamento semelhante (aumento linear com elevação da lâmina de irrigação), embora para esse parâmetro, o comportamento foi diferenciado para cada colheita realizada. Aqui, os meses de julho e agosto apresentaram menores respostas às lâminas de irrigação, não encontrando respostas significativas para os modelos de regressão analisados (linear e quadrático); Cabe ressaltar que o desenvolvimento desses frutos teve início seis meses antes (frutos com idade de 6 a 7 meses), estando ainda no final do período de chuvas, enquanto nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro a irrigação influenciou em maior intensidade ($p \leq 0,05$) o volume de água produzido (Figura 18).

Figura 18 - Volume de água de frutos de plantas de coqueiro anão submetidas a diferentes lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc.), em diferentes épocas de colheita do ano de 2017. Camocim, Ceará, Brasil.

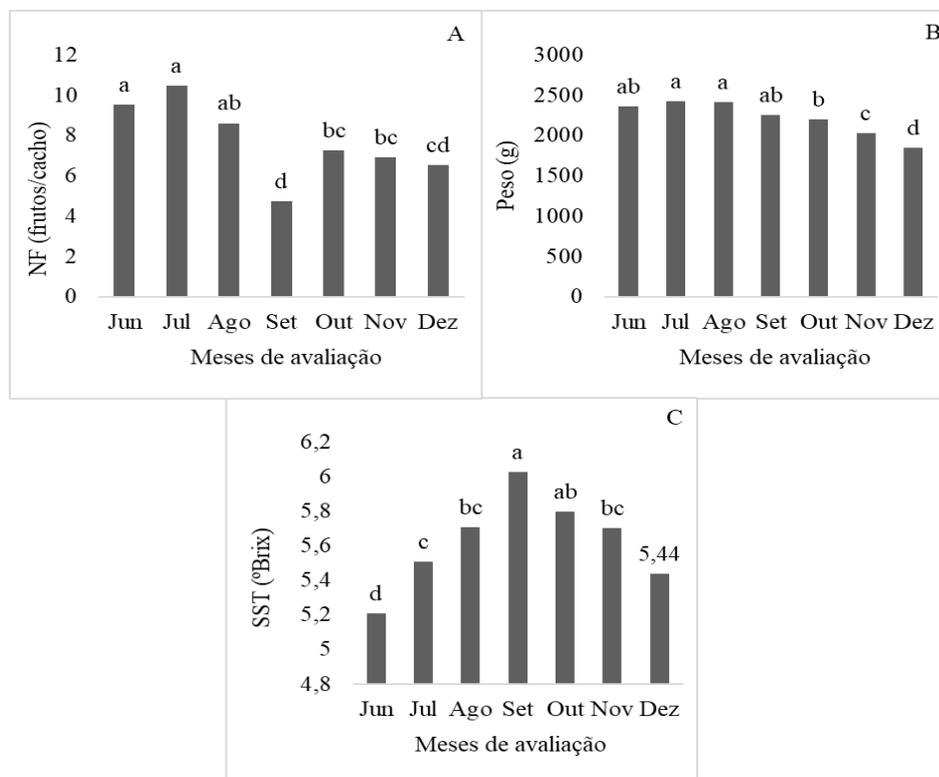


Foi observado uma tendência de aumento da influência das lâminas de irrigação no volume de água de frutos, à medida que avançava o período de seca, onde não houve incidência de precipitação, com um aumento da inclinação da reta. Esse comportamento é justificado porque os frutos que se devolveram nos meses de seca são mais influenciados pela quantidade de água aplicada na irrigação nos meses que antecedem a colheita.

Nos frutos colhidos no mes de junho obteve-se um ajuste linear negativo altamente significativo ($p \leq 0,01$) para os tratamentos hídricos; enquanto para os meses de julho e agosto já não se obteve ajuste significativo para o efeito dos tratamentos. Isso provavelmente teve efeito da umidade do solo, podendo ter excesso de água e para tanto com a utilização da irrigação houve ainda mais aumento de umidade no solo causando estresse por excesso de água. A partir do mês de setembro houve uma tendência de aumento da inclinação da reta ($p \leq 0,05$), evidenciando que há efeito da irrigação a curto prazo sobre o volume de água dos frutos e a longo prazo sobre a produção de frutos por planta.

No ano de 2017, os meses de junho a agosto, início do período seco, portanto início da aplicação da irrigação, apresentaram maiores produções de frutos (número de frutos por cacho) (Figura 19A). Também o peso dos frutos foi maior e se manteve estável de junho a setembro, decrescendo a partir daí até dezembro de 2017 (Figura 19B). Quando se observa o teor de sólidos solúveis, verifica-se um acréscimo de junho a setembro, seguido de decréscimo até dezembro (Figura 19C).

Figura 19 - Número de frutos, peso médio e SST de frutos de plantas de coqueiro anão ao longo do ano de 2017. Camocim, Ceará, Brasil.



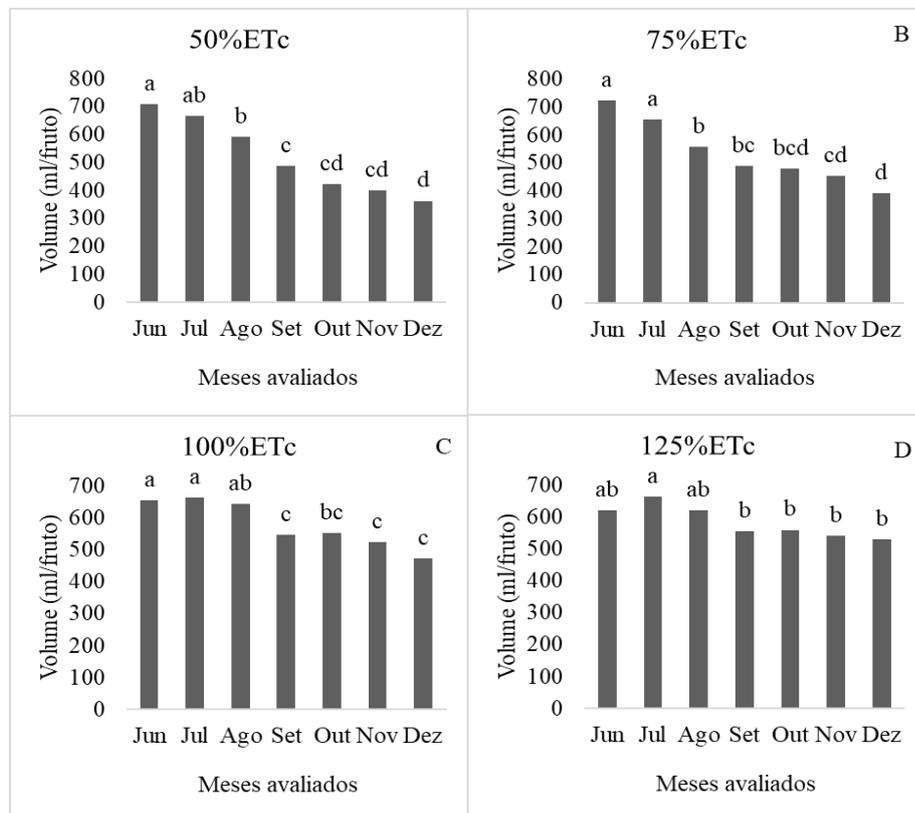
Os valores de peso dos frutos aqui encontrados, para cultivo em manejo orgânico (acima de 2000 g), foram superiores aos encontrados por Silva, et al, (2009), com coqueiro anão cultivado em sistema orgânico (1985g).

Com relação ao volume de água do fruto, houve um decréscimo progressivo de junho a dezembro, muito embora esse comportamento seja dependente da quantidade de água aplicada nas plantas (Figura 20).

O fruto do coqueiro anão verde que foi colhido para venda de água (cacho 9), teve sua formação iniciada cerca de 180 dias antes. Assim, aqueles meses de maior produção de frutos foi influenciado pela elevada umidade quando da frutificação (Quadro 2), provocando um maior pegamento dos frutos. Por outro lado, os meses que tiveram menores valores de peso e volume foram os do final da estação seca, em que a formação dos frutos ocorreu no período sem precipitação, quando as condições climáticas foram mais severas (Figura 20).

Corroborando essa afirmação, se observa que a redução no volume de água de coco produzida nos meses mais quentes foi menos acentuada no nível mais elevado da lâmina de água aplicada no solo (Figura 20D).

Figura 20 - Volume de água de frutos de plantas de coqueiro em diferentes épocas de colheita do ano de 2017. Camocim, Ceará, Brasil.



No ano de 2018, a quantidade de água aplicada nas plantas por meio da irrigação influenciou significativamente o VOL, NF e SST - sólidos solúveis totais, não apresentando influência para a variável PES. (Tabela 9). Os meses de avaliação, durante todos os anos de 2018 interferiram significativamente em todas as variáveis analisadas, evidenciando que o coqueiro anão, mesmo tendo produção ao longo de todo ano apresenta diferenças de produção e qualidade de frutos ao longo do ano.

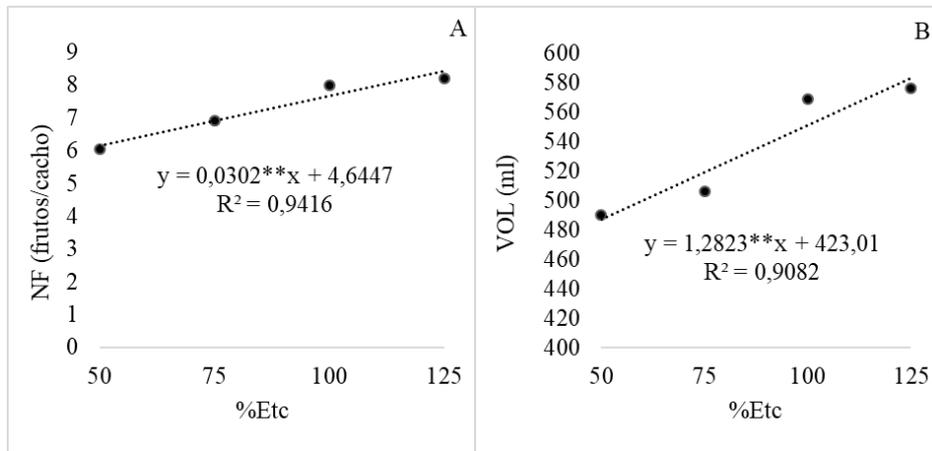
Tabela 9 - Análise de variância para o peso de frutos - PES, volume de água de frutos - VOL, sólidos solúveis totais – SST (°Brix) e número de frutos por cacho - NF de plantas de coqueiro anão verde submetidos a lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc) e meses de avaliação no ano de 2018.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		2018			
		NF	PES (g)	VOL(ml)	SST
Bloco	4	4,6ns	35109,0ns	31850,7**	0,3*
Lamina	3	65,8**	49266,5ns	122588,1**	1,3**
Colheita	12	107,7**	1555220,8**	146551,7**	4,5**
Lam. x colh.	36	5,4ns	349990,4ns	3999,5ns	0,3**
Resíduo	204	3,8	304210,2	4458,9	0,1
Total	259	2483,6	93609415,4	3307386,9	96,6
CV%	-	26,83	25,42	12,48	6,70

Legenda: PES – peso de frutos (g), Vol – volume de água do fruto (ml), NF – número de frutos por cacho e °BRIX – sólidos solúveis totais. ns – não significativo * significativo 5% de probabilidade e ** significativo 1% de probabilidade pelo teste F.

Assim como no ano anterior, em 2018 o número de frutos cresceu linearmente com o aumento da lâmina de irrigação, com um aumento de 0,3 frutos por cada 10% de aumento da ETc, dentro do intervalo estudado (50% a 125%) (Figura 21A). De maneira semelhante, o volume de água produzido pelos frutos também teve aumento linear, com a elevação da lâmina e irrigação (12,8 mL de água de coco para cada 10% de aumento da ETc) (Figura 21B). Essas respostas evidenciam uma alta demanda de água das plantas de coqueiro anão verde.

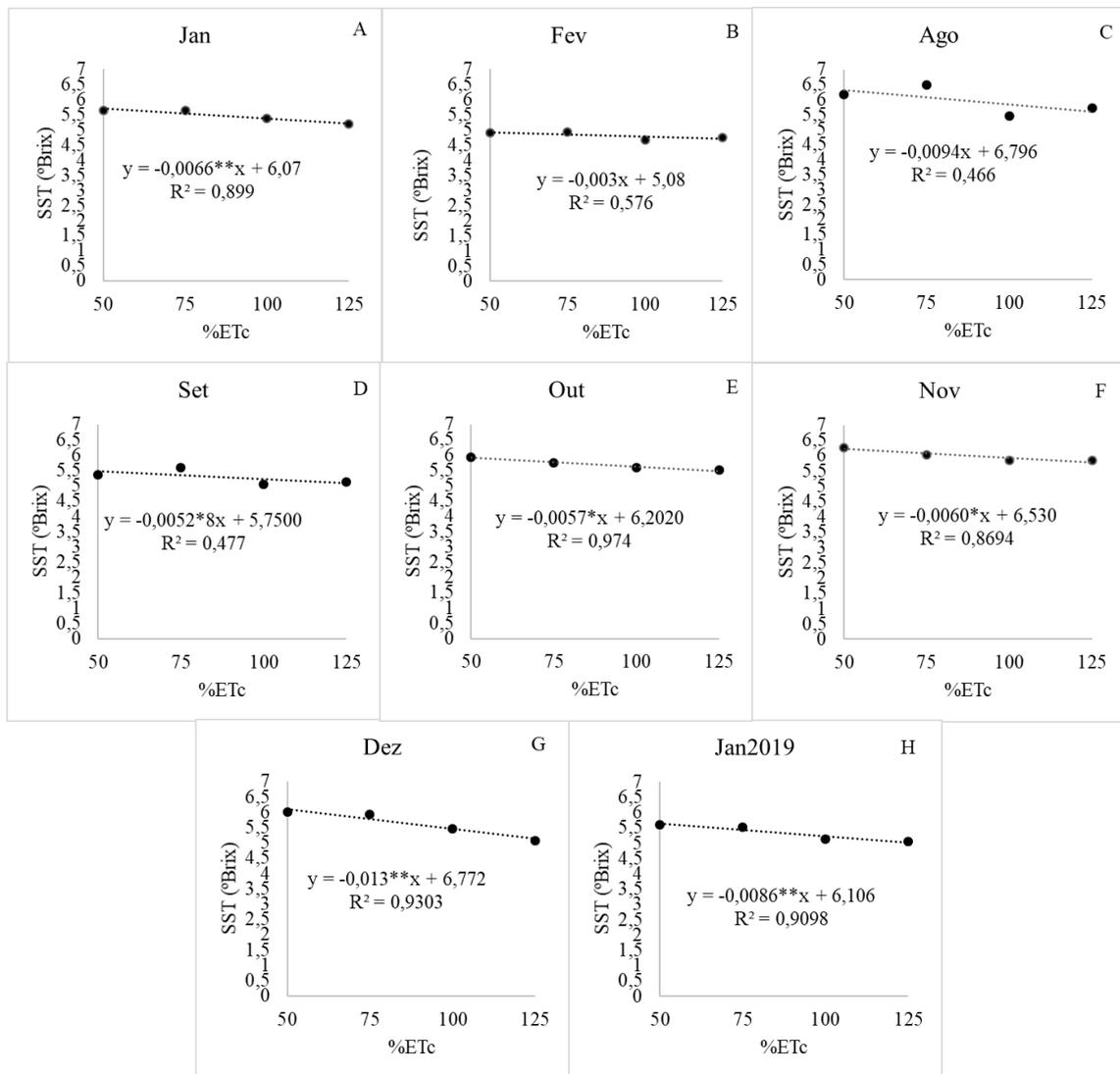
Figura 21 - Número de frutos e volume de água dos frutos de plantas de coqueiro ano submetidas a diferentes lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc.), ao longo do ano de 2018. Camocim, Ceará, Brasil.



Para o teor de SST da água de coco, ocorreu um decréscimo linear com o aumento da lâmina de irrigação, sendo esse comportamento diferenciado entre as diferentes colheitas, conforme pode ser observado na figura 22 (os meses em que não houve diferença entre os tratamentos não aparecem no gráfico).

Teixeira et al. (2005), ressalta que em situações de maior volume de água no fruto, pode-se obter um teor de sólidos solúveis menor, em consequência de uma possível diluição, fato observado no ano de 2017. Entretanto, para o ano de 2018, o volume crescente no volume de água em função dos tratamentos hídricos não foi acompanhado proporcionalmente pela redução no teor de SST da água de coco.

Figura 22 - Teor de sólidos solúveis totais – SST (°Brix) da água de frutos de plantas de coqueiro anão submetidas a diferentes lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc.), em diferentes épocas de colheita do ano de 2018. Camocim, Ceará, Brasil.

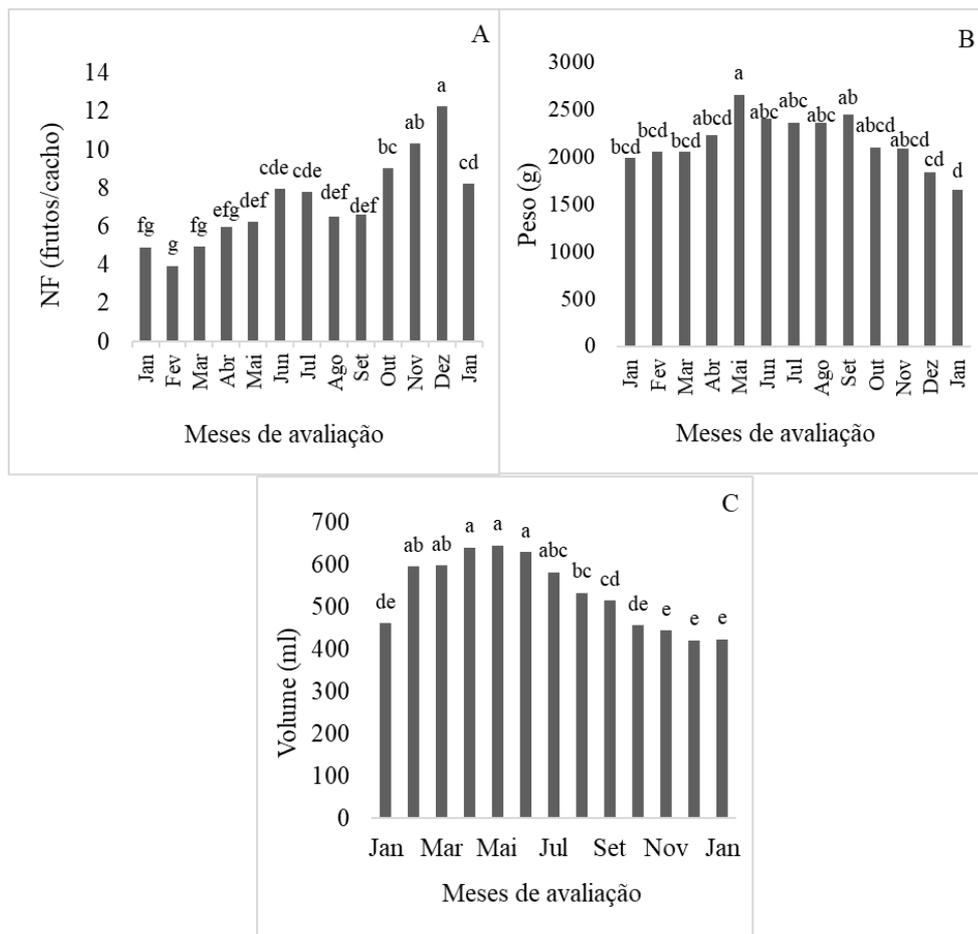


O número de frutos foi crescente ao longo do ano de 2018, com a maior quantidade sendo produzida em dezembro (cerca de 12 frutos por cacho) (Figura 23A). O peso de frutos não variou de abril a novembro (Figura 23B), mostrando ser uma característica conservada, com pouca influência das condições climáticas.

O volume de água dos frutos foi superior nos meses de abril, maio e junho, com redução progressiva a partir daí até o final de 2018 (Figura 23C). Pode-se perceber que os maiores volumes foram produzidos nos meses chuvosos, indicando uma influência positiva das condições ambientais mais amenas nesse período.

Segundo Aragão et al. (2010) os frutos de coqueiro anão verde contêm em média 400 ml de água, no entanto resultados superiores foram encontrados na presente pesquisa, em que o volume de água armazenada em frutos de coqueiro anão verde cv. Jiqui variou de 498 a 573 ml.

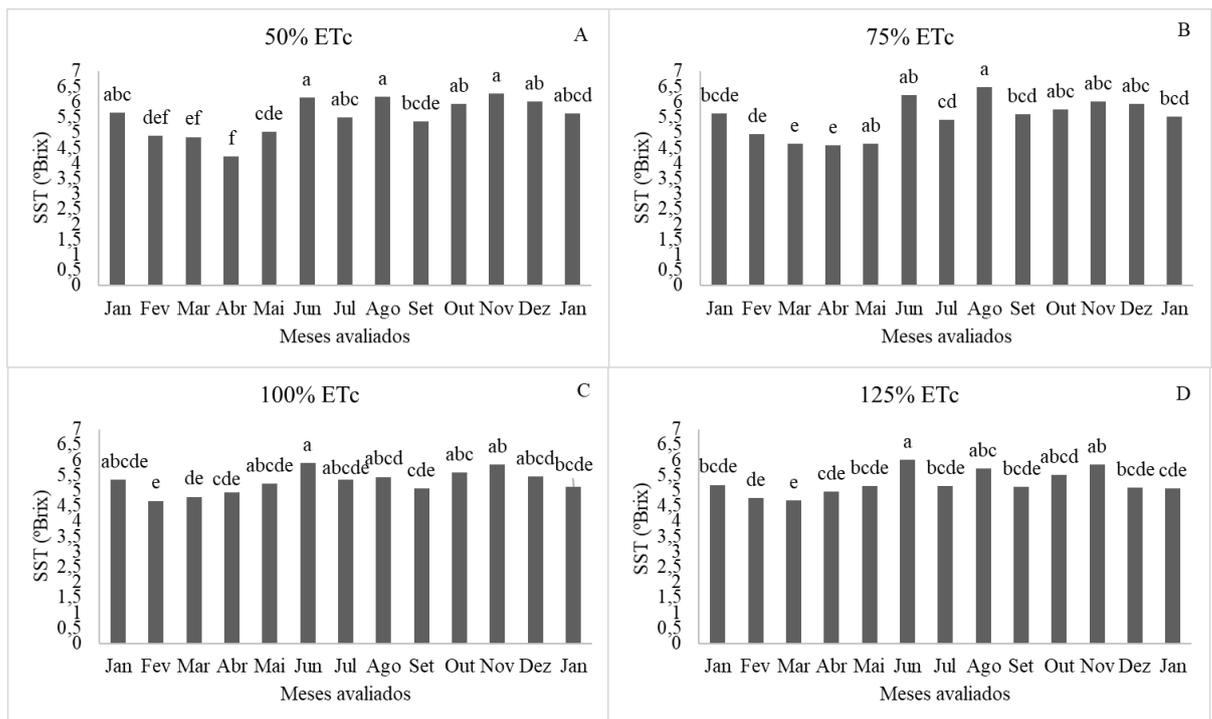
Figura 23 - Número de frutos, peso médio e volume de água produzida por frutos de plantas de coqueiro anão ao longo do ano de 2018. Camocim, Ceará, Brasil.



O teor de SST apresentou maiores valores para os meses de junho agosto e novembro de 2018, onde os resultados alcançaram valores de 6,1, 6,0 e 6,0 sólidos solúveis totais, respectivamente. Entretanto, cabe salientar que esse comportamento foi diferenciado para cada uma das lâminas aplicadas. Também apresentou comportamento inversamente proporcional ao volume de água de frutos, onde nos meses de fevereiro, março e abril apresentaram menores valores de sólidos solúveis totais enquanto o volume de frutos no mesmo período alcançava valores mais altos em relação aos outros meses (Figura 24).

De Freitas Vasconcelos, et al. (2015) encontraram valores variando de 5,75 a 6,45, em água de coco in natura comercializadas no município de Mossóro, RN. O teor de SST - em °Brix, deve ser superior a 4,5 e inferior a 6,7, para as águas de coco esterilizada e pasteurizada segundo a legislação (BRASIL, 2019).

Figura 24 - Teor de sólidos solúveis totais – SST (°BRIX) de plantas de coqueiro em diferentes épocas de colheita do ano de 2018. Camocim, Ceará, Brasil.



Segundo Jackson et al. (2004) a interação da variedade e os estádios de maturação em que os frutos se encontram têm um efeito significativo na composição da água-de-coco. Para Khan et al. (2003) a grande variabilidade na composição da água-de-coco é influenciada não só pela maturação do fruto, mas também pela composição do solo onde a planta é cultivada.

5.7 Produtividade da água de irrigação

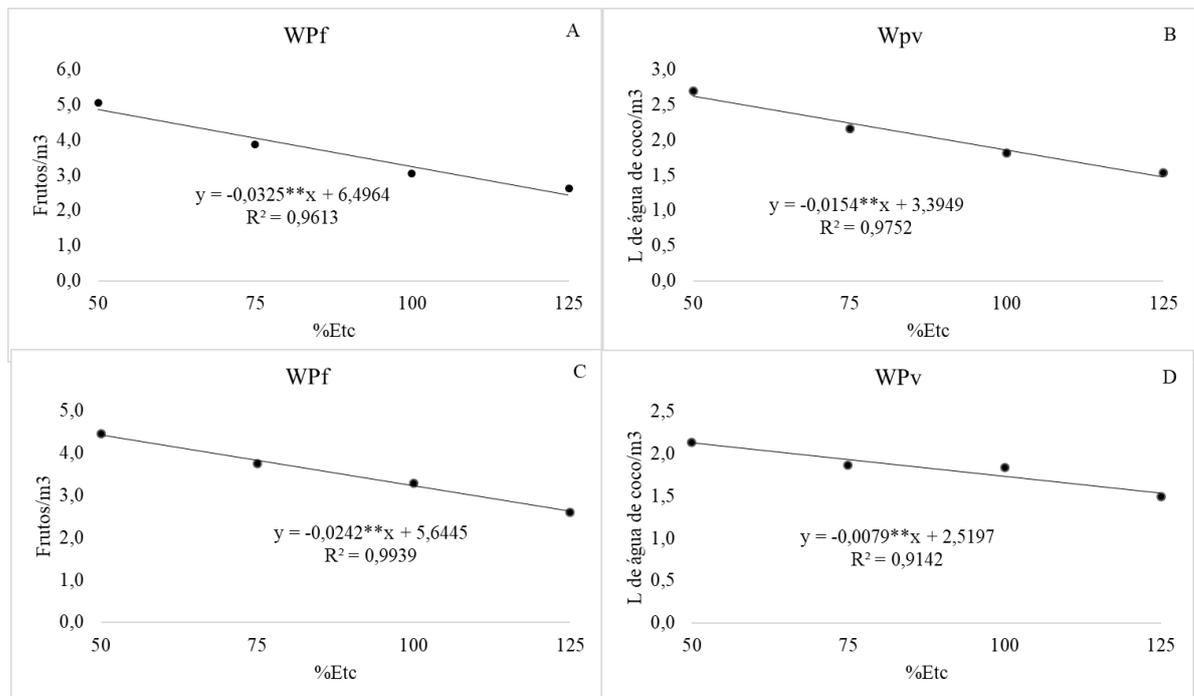
A produtividade da água de irrigação em termos de produção de frutos (WpF) apresentou maiores resultados quando foram aplicadas menores quantidade de água de irrigação (50% ETC) (Figura 25).

Em relação ao volume de água de coco produzida por m³ de água aplicado (WPa) todas as lâminas diferiram estatisticamente, apresentando melhores resultados para as

menores lâminas, tanto para o ano de 2017 com $2,7 \text{ L m}^{-3}$, quanto para 2018 com $2,1 \text{ L m}^{-3}$. Comportamento esse também relatado pelos autores Zwart; Bartiansen (2004), onde afirmam que em geral maiores valores de eficiência de uso da água são observados em condições de irrigação com déficit, em relação à irrigação com reposição total da ETc ou superavitária.

Para Carr (2011), a eficiência do uso da água de irrigação do coqueiro pode ser aumentada em plantas sob estresse hídrico moderado. Isso sugere que a irrigação com déficit hídrico controlado pode ter um papel importante para o favorecimento do aumento da eficiência do uso da água na cultura do coqueiro.

Figura 25 -Produtividade da água em termos de produção de frutos (WPF) e volume de água produzida pelos frutos (WPA) por plantas de coqueiro anão verde, em função dos tratamentos hídricos (50, 75, 100 e 125% da ETc.) no ano de 2017 (A e B) e 2018 (C e D).



Comparando-se WPF dos dois anos de avaliação observou-se uma redução da produção frutos para cada m^3 de água de irrigação de 12% do ano de 2018 em relação ao ano anterior, com valor de $5,1 \text{ frutos m}^{-3}$. Valores próximos ($5,3$ e $3,8 \text{ frutos m}^{-3}$) para volumes de irrigação anuais de $34,8$ e $52,3 \text{ m}^{-3} \text{ planta}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ foram encontrados por Azevedo, Sousa e Silva (2006). Assim como valores de $5,23 \text{ frutos m}^{-3}$ e $2,48 \text{ L m}^{-3}$ para a eficiência do uso da água em termos de frutos e eficiência da água de coco encontrados na região litorânea do Ceará, em plantas de coqueiro anão verde, respectivamente.

6 CONCLUSÕES

O potencial hídrico foliar não sofreu influência dos tratamentos hídricos e foi mais negativo nos meses correspondentes ao final da estação seca; conjuntamente as trocas gasosas também não sofreram influência dos tratamentos hídricos e foram superiores na época chuvosa, independentemente da quantidade de água que foi aplicada no período seco;

Houve variação do estado nutricional das plantas nos teores de P, Ca, S e Cu dos quais apresentaram uma tendência de crescimento com o aumento da lâmina de irrigação, com destaque para o mês dezembro obtendo os maiores valores, em ambos os anos avaliados;

A aplicação dos tratamentos hídricos não influenciou o peso de frutos de coqueiro; O volume de água de coco produzida foi crescente com o aumento da lâmina de irrigação e as menores quantidades foram produzidas nos meses mais secos do ano;

A eficiência do uso da água do coqueiro anão verde decresceu à medida que se aumentou a quantidade de água aplicada por irrigação.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, S. L.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements**. 56. ed. Rome: FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998.
- 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.
- ARAGÃO, W.M., TUPINAMBA, E.A., ANGELO, P.C.S., RIBEIRO, F.E. **Seleção de cultivares de coqueiro para diferentes ecossistemas do Brasil**. In: QUEIROZ M.A.; GOEDERT C.O.; RAMOS, S.R.R. *Recursos Genéticos e Melhoramento de plantas para o Nordeste Brasileiro*. Brasília: Embrapa - SPI, p.1-24, 2010.
- AROUCHA, E. M. M.; SOUZA, M. S. DE.; SOARES, K. M. P.; AROUCHA FILHO, J. C.; DE PAIVA, C. A. Análise físico-química e sensorial de água-de-coco em função de estágio de maturação das cultivares de coco anão verde e Vermelho. UFCG - Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Saúde e Tecnologia Rural – CSTR. **Agropecuária científica no semiárido**. v. 10, n. 1, p. 33 - 38, 2014.
- AROUCHA, E. M. M; VIANNI, R. Determinação de ácido ascórbico na água-de-coco (*Cocos nucifera* L.) por cromatografia líquida e pelo método titulométrico. **Revista Ceres**, v.49, n. 283, p. 245-251, 2002.
- ASSOCIAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DE REFRIGERANTES E DE BEBIDAS NÃO ALCOÓLICAS. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://abir.org.br/> Acesso em: 13 de mar. 2018.
- AZEVEDO, P. V.; SAUSA, I. F.; SILVA, B. B. Water-use-efficiency of dwarf-green coconut (*Cocos nucifera* L.) orchards in northeast Brazil. **Agricultural Water Management** v.84, p.259–264. 2006.
- BENASSI, A. C.; RUGGIERO, C.; MARTINS, A. B. G.; DA SILVA, J. A. A.; Caracterização biométrica de frutos de coqueiro *Coco nucifera* L. variedade anã – verde, em diferentes estádios de desenvolvimento. **Revista Brasileira de fruticultura**. Jaboticabal - SP, v.29, n.2, p. 302-307. 2017.
- BRAINER, M. S. de C. P. Produção de coco: o Nordeste é destaque nacional. **Caderno Setorial Etene**, n. 61, 2018, 25p.
- BRASIL. **Instrução normativa Nº 27 de 22 de julho de 2009**. Estabelece os procedimentos mínimos de controle higiênico-sanitário, padrões de identidade e características mínimas de qualidade gerais para a água de coco. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/barreirastecnicas/pontofocal/..%5Cpontofocal%5Ctextos%5Cregulamentos%5CBRA_320_ADD_1.htm Acesso em: 05 Set. 2019.

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.

CARMO, C. A. F. S.; ARAÚJO, W. S'A; BERNADI, A. C. C E SALDANHA, M. F. C. **Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos**. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, Circular técnica, 41 p. 2000.

CARR, M. K. V. The water relations and irrigation requirements of coconut (cocos nucifera): A REVIEW. volume 47, pp. 27–51 C Cambridge University Press. **Experimental agriculture**, 2011.

CARRIJO, O.A.; LIZ, R. S. DE; MAKISHIMA, N. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. **Horticultura Brasileira**. 20:533-535, 2002.

CASTRO, C. P.; PASSOS, E. E. M.; ARAGÃO, W. M. The phenology of dwarf coconut cultivars in north of Sergipe coastal tablelands. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, p. 13–19, 2009.

CHAVES, M. M. Effects of water deficits on carbono assimilation. **Journal of experimental Botany**, v. 42, n. 1, p. 1 -16, 1991.

CHAVES, M. M., FLEXAS, J., PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**. Exeter, v. 103 p. 551–560, 2009.

CHILD, R. **Coconut**. London: Longman, 1974. 335 p.

DA SILVA, D. L. V.; ALVES, R. E.; DE FIGUEIREDO, R. W.; MACIEL, V. T.; DE FARIAS, J. M.; DE AQUINO, A. R. Características físicas, físico-químicas e sensoriais da água de características físicas, físico-químicas e sensoriais da água de frutos de coqueiro anão verde oriundo de produção convencional e orgânica. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1079-1084, jul./ago. 2009.

DE AZEVEDO, P. V. et al. Water-use efficiency of dwarf-green coconut (Cocos nucifera L.) orchards in northeast Brazil. **Agricultural Water Management**, v. 84, n. 3, p. 259–264, 2006.

DE FREITAS VASCONCELOS, B. M. et al. Qualidade físico-química da água de coco comercializada por ambulantes no município de Mossoró/RN. **BlucherChemistryProceedings**, v.3, n. 1, p, 483-493, 2015.

DUFRENE;, E.; SAUGIER, B. Gas Exchange of Oil Palm in Relation to Light, Vapour Pressure Deficit, Temperature and Leaf Age. **British Ecological Society**, v. 7, p. 97–104, 1993.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, n. 03, p. 350-356, 1956.

DUFRENE, E.; SAUGIER, B. Gas exchange of oil palm in relation to light, vapour pressure deficit, temperature and leaf age. **Functional Ecology**, 7: 97-104. 1993.

FERREIRA, J. M. S.; WARWIK, D. R. N.; E SIQUEIRA, L. A. **A cultura do coqueiro no Brasil**. Embrapa – ed. Brasília. p. 306, 1994.

FOALE, M. A. 1993. Physiological basis for yield in coconut. *In* Advances in Coconut Research and Development. Eds. M, K. Nair, H. H. Khan. P. Gopalasundaram and E. V. V. Bhaskara Rao. **Oxford & IBH**. Nem Delhi, p. 181-189, 1993.

FOALE, M.; HARRIES, H. Farm and Forestry Production and Marketing profile for Coconut (Cocos nucifera). **Specialty Crops for Pacific Island Agroforestry**, Holualoa, Hawai'i: Permanent Agriculture Resources, p. 21, 2009

FONTES, H. R. Implantação e manejo. In: **Coco produção: aspectos técnicos**. Aracaju, SE. Embrapa Tabuleiros Costeiros. Sistemas de Produção, 01. p. 63. 2002.

FONTES, H. R. .; FERREIRA, J. M. S.; SIQUEIRA, L. A. **Sistema de Produção para a Cultura do Coqueiro**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, Sistemas de Produção, 01. 2002. 63p.

FERREIRA, J. M. S.; WARMICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. **A cultura do coqueiro no Brasil**. Embrapa Amazônia Ocidental, Brasília, DF. 2 ed. 1998. 292p.

FOALE, M.; HARRIES, H. **Farm and Forestry Production and Marketing Profile for Coconut (Cocos nucifera)**. In: ELEVITCH, C. R. (Ed.). Specialty Crops for Pacific Island Agroforestry, Holualoa, Hawai'i: Permanent Agriculture Resources (PAR), 2009.

FONTES, H. R. **Implantação e manejo** In: FONTES, H. R.; RIBEIRO, F. E.; FERNANDES, M. F. Coco produção: aspectos técnicos. Embrapa Tabuleiros costeiros (Aracaju, SE). Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, cap. 7, p. 33 -44.il.; (Frutas do Brasil; 27).2003.

FONTES, H. R.; FERREIRA, J. M. S. E SIQUEIRA, L. A. **Sistema de produção para a cultura do coqueiro**. Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2002.

FREMOND, Y.; ZILLER, R.; LAMOTHE, M.N. **El cocotero**. Barcelona: Blume, 1975. 236 p. (Colección Agricultura tropical).

GOMES, P. . **Coqueiro da Praia**. Secretaria da Agricultura e Indústria, Rio de Janeiro, 1944, 120p.

GOMES, R. P. **O coqueiro-da-baía**. 6ed. São Paulo. Nobel, 1992, 111p.

GOMES, F.B.P.; PRADO, C.H.B.A. Ecophysiology of coconut palm under water stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.19, p. 377 - 391, 2007.

GOMES, F.P.; MIELKE, M.S.; ALMEIDA, A.A.F. Leaf gas exchange of green dwarf coconut (*Cocos nucifera* L. var. *nana*) in two contrasting environments of the Brazilian north-east region. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, 77: 766-772. 2002.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 11 jan. 2018.

IBRAF - INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS. **Panorama da cadeia produtiva de frutas em 2012 e projeções para 2013**. São Paulo. 127 p.

JACKSON, J.C., GORDON, A., WIZZARD, G., MCCOOK, K., ROLLE, R. Changes in chemical composition of coconut (*Cocos nucifera*) water during maturation of the fruit. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 84, ed.9, p. 1049-1052. Cited 48 times. 2004.

KASTURI BAI, K.V.; VOLETI, S.R.; RAJAGOPAL, V. Water relations of coconut palms as influenced by environmental variables. **Agriculture, Forestry, Meteorology**, 43: 193-199. 1998.

KASTURI BAI, K. V. .; RAJAGOPAL, V. .; NARESH KUMAR, S. Chlorophyll fluorescence transients with response to leaf water status in coconut. **Indian J Plant Physiol**, v. 11, p. 410–414, 2006.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design parameters**. Transactions of the ASAE, v.17, p.678-684, 1974.

KHAN, M. N.; MUTI-UR-REHMAN; KHAN, K. W. A study of chemical composition of *Cocos nucifera* L. (coconut) water and its usefulness as rehydration fluid. **Pakistan Journal of Botany**, Karachi, v.35, n.5, p.925-930, 2003.

KJELDAHL, J. A New Method for the Determination of Nitrogen in Organic Matter. **Zeitschrift für Analytische Chemie**, 22, 366-382, 1883. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/BF01338151>

LIMA, B. L. C. **Respostas fisiológicas e morfométricas de mudas de coqueiro anão irrigado com águas salinas**. 2014. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola: Área de Concentração em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

LINDBERGUE, A. C. E NAUMOV, A. **Adubando para alta produtividade e qualidade: fruteiras tropicais do Brasil**. Fortaleza, CE. Embrapa Agroindústria Tropical, 2009. 238 p.

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.

MIRANDA, F. R. DE; FREITAS, J. DE A. D. DE; MONTENEGRO, A. A. T.; CRISÓSTOMO, L. A. **Distribuição das raízes de coqueiro anão verde para manejo da irrigação e a aplicação de fertilizantes**. <http://www.cnpat.embrapa.br>, Circular Técnica, Embrapa Agroindústria tropical, 2003.

MIRANDA, F. R. DE; GOMES, A. R. M.; OLIVEIRA, C. H. C. DE.; 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 DE; LIMA, R. N. DE; FREITAS, J. A. D. DE. **Comportamento reprodutivo e qualidade da água dos frutos do coqueiro-anão irrigado no vale do Curu, Ceará**. 28 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 32).Embrapa Agroindústria Tropical, 2008.

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

ORSINI, F. et al. Low stomatal density and reduced transpiration facilitate strawberry adaptation to salinity. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 81, n. 1, p. 1-10, 2012.

PASSOS, C. D.; PASSOS, E. E. M.; ARAGÃO, W. M. Comportamento fenológico do coqueiro anão verde nos tabuleiros costeiros de Sergipe. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, p. 323–395, 2007.

PASSOS, E. E. M.; PRADO, C. H. B. A; LEAL, M. L. S. Condutância estomática, potencial hídrico foliar e emissão de folhas e inflorescências em três genótipos de coqueiro anão. **Agrotropica** 11, 174-152, 1999.

PRADO, C.H.B.A; PASSOS, E.E.M.; MORAES, J.A.P.V. Photosynthesis and water relations of six tall genotypes of *cocos nucifera* in wet and dry seasons. **South African Journal of Botany**, v. 67, p.169- 176, 2001.

PASSOS, C.D.; PASSOS, E. E. A. M.; PRADO, C. H. B. A. Comportamento sazonal do potencial hídrico e das trocas gasosas de quatro variedades de coqueiro-anão. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 27, n. 2, p. 248-254, Ago. 2005.

PASSOS, E.E.M. **Ecofisiologia do coqueiro**. In: FERREIRA, J.M S.; WARWICK, D.R.N.; SIQUEIRA, L.A. (Eds.). A cultura do coqueiro no Brasil. 2. ed. Aracaju: Embrapa-SPI, p. 65-72. 1998.

PASSOS E. E. M. **Exigências climáticas**. In: FONTES, H. R.;RIBEIRO, F. E.; FERNANDES, M. F. **Coco Produção** : aspectos técnicos. Brasília; Embrapa –SPI; Aracaju: Embrapa – CPATC, cap 4, p. 18 - 20. 2003.

PASSOS, E. E. M. **Clima e exigências hídricas do coqueiro gigante**. In: CINTRA, F. L. D.; FONTES, H. R.; PASSOS, E. E. M.; RERREIRA, J. M. S. (Ed.). Fundamentos tecnológicos para a revitalização das áreas cultivadas com coqueiro gigante no nordeste do Brasil. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 233 p. c. 5. p. 75-89. 2009.

PASSOS, E.E.M. **Exigências climáticas do coqueiro**. In: FONTE, H. R.; FERREIRA, J. M. S.; SIQUEIRA, L. A. Sistema de Produção para a Cultura do Coqueiro. Embrapa Tabuleiros Costeiros, 63p. 2002.

PEDROSO, F. K.J.V.; PRUDENTE, D. A.; BUENO, A. C. R.; MACHADO, E. C.; RIBEIRO, R. V. Drought tolerance in citrus trees is enhanced by rootstock dependent changes in root growth and carbohydrate availability. **Environmental and Experimental Botany**, v.101, s.n, p.26 – 35, 2014.

PURSEGLOVE, J.W. **Tropical crops monocotyledons**. London: Longman, 1972. 607 p.

RAJAGOPAL, V.; KASTURI BAI KV, V. S. Screening of coconut genotypes for drought tolerance. **Oleagineux**, v. 45, p. 215–223, 1990.

RAJAGOPAL, V.; KASTURI BAI KV; VOLETI, SR. Drought tolerance mechanism in coconut. **Burot Bull**, v. 17, p. 21–22, 2002.

RAJAGOPAL, V., RAMADASAN, A., KASTURI BAI, K. V. AND BALASIMHA, D. Influence of irrigation on leaf water relations and dry matter production in coconut palms. **Irrigation Science** 10:73–81.1989.

RAJAGOPAL, V.; SHIVASHANKAR, S. .; MATHEW, J. Impact of dry spells on the ontogeny of coconut fruits and its relation to yield. **Plant. Rech.**, v. 3, p. 251–255, 1996.

REPELLIN, A.; DANIEL, C.; ZUILY-FODIL, Y. Merits of physiological tests for characterizing the performance of different coconut varieties subjected to drought. **Oleagineux**, v. 49, p. 155–168, 1994.

REPELLIN, A.; PHAM THI, A.; TASHAKORIE, A.; SAHSAH, Y.; DANIEL, C.; ZUILY-FODIL, Y. Leaf membrane lipids and drought tolerance in young coconut palms (*Cocos nucifera* L.). **European journal of agronomy** 6:25–33. 1997. 1997.

RIBEIRO, F. E.; COSTA, E. F. N.; ARAGÃO, W. **Árvore do conhecimento**. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/coco/arvore/CONT000g15m652b02wx5ok0xkg yq5dmanf8w.html>. Acesso em: 20 set. 2019.

ROSA, M. de F.; ABREU, F. A. P. de. **Água-de-coco: métodos de conservação**. Fortaleza: Embrapa - CNPAT / SEBRAE/CE, 2000. 40 p. (Embrapa - CNPAT - SEBRAE/CE. Documentos 37).

SANTOS FILHA, M. E. C. DOS. **Qualidade e conservação pós-colheita de frutos de seis cultivares de coqueiro anão**. Dissertação (mestrado em fitotecnia) Universidade Federal do Semiárido. 124f. 2006.

SILVA, D. L. V., ALVES, R. E., de FIGUEIREDO, R. W., MACIEL, V. T., de FARIAS, J. M., de AQUINO, A. R. L. **Características físicas, físico-químicas e sensoriais da água de frutos de coqueiro anão verde oriundo de produção convencional e orgânica**. Embrapa Agroindústria Tropical-Artigo em periódico indexado, 2009.

SILVA JUNIOR, C.D., LEAL, E. C. Respostas ecofisiológicas e bioquímicas do coqueiro anão verde irrigado no Platô de Neópolis. In: Seminário de Pesquisa FAP, 2003, Aracaju. **Anais...Aracaju: SPFAP**, 2003.

SIQUEIRA, L. A.; ARAGÃO, W. M.; TUPINAMBÁ, E. A. **A introdução do coqueiro no Brasil: importância histórica e agrônômica.** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 24 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 47). 2002.

SHIVASHANKAR, S., KUSTURI BAI, K. V. AND RAJAGOPAL, V. Leaf water potential, stomatal resistance and activities of enzymes during the development of moisture stresses in the coconut palm. **Tropical Agriculture**, Trinidad 68:106–110. 1991.

SOBRAL, L. F. Nutrição e adubação do coqueiro. In: FERREIRA, J. M. S; WARWICK, D. R. N; SIQUEIRA, L. A. **A cultura do coqueiro no Brasil.** Brasília; Embrapa – SPI; Aracaju: Embrapa – CPATC. Cap 6, p. 129-157. 1998.

SOBRAL, L. F.; **Nutrição e adubação.** In: FONTES, H. R.; RIBEIRO, F. E.; FERNANDES, M. F. **Cocoprodução: aspectos técnicos.** Brasília; Embrapa–SPI; Aracaju: Embrapa – CPATC, Cap. 8, p. 44-52. 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. 690 p.

TAIZ, L. ZEIGER, E.; MOLLER, I. M. E MURPHY, A. **Plant physiology and development,** 6th Edition,. p.888. 2017.

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.

TEIXEIRA, A. C.; LEIVAS, J. F.; MIRANDA, F. R.; BAYMA – SILVA, G. Radiation and energy balance in dwarf coconut tree with Landsat 8 images in the State of Ceará, Brazil. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing.** v.7, nº 3, p.178-188. 2017.

VITORINO, H. S.; MARTINS, D.; COSTA, S. I. A.; SOUZA, G. S. F.; CAMPOS, C. F. Déficit hídrico na eficiência de herbicidas e nas características bioquímicas de *Euphorbia heterophylla*. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 19-28. 2013.

YUSUF, M.; VARADAN, K.M. Water management studies on coconut in India. In: NAIR, M.K.; KLAN, H.H.; GOPALASUNDARAM, P.; BHASKAARARAO, E.V.V. **Advances in coconut research and development.** New Delhi: IBH, p.337-346. 1993.

ZWART, S.; BASTIANSEN, W. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton, and maize. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 69, n. 2, p. 115-133, 2004.