



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**MARCOS AUGUSTO DE SOUZA GONÇALVES**

**DESEMPENHO PRODUTIVO E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA NA  
CULTURA DO COQUEIRO ANÃO VERDE IRRIGADO E FERTIRRIGADO NA  
AMAZÔNIA ORIENTAL**

**BELÉM/PA  
2023**

**MARCOS AUGUSTO DE SOUZA GONÇALVES**

**DESEMPENHO PRODUTIVO E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA NA  
CULTURA DO COQUEIRO ANÃO VERDE IRRIGADO E FERTIRRIGADO NA  
AMAZÔNIA ORIENTAL**

Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Socioeconomia, Recursos Naturais e Desenvolvimento do Agronegócio, para obtenção do Título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Joaquim Alves de Lima Junior.

**BELÉM/PA  
2023**

**MARCOS AUGUSTO DE SOUZA GONÇALVES**

**DESEMPENHO PRODUTIVO E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA NA  
CULTURA DO COQUEIRO ANÃO VERDE IRRIGADO E FERTIRRIGADO NA  
AMAZÔNIA ORIENTAL**

Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração Socioeconomia, Recursos Naturais e Desenvolvimento do Agronegócio, para obtenção do título de Mestre.

Realizada em, 29 de agosto de 2023

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente



**JOAQUIM ALVES DE LIMA JUNIOR**  
Data: 05/03/2024 11:11:41-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dr. Joaquim Alves de Lima Júnior (Orientador)**  
**Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA**

Documento assinado digitalmente



**MARIANA CASARI PARREIRA**  
Data: 04/03/2024 13:30:33-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Profa. Dra. Mariana Casari Parreira**  
**Universidade do Açores – UAC, Portugal**

Documento assinado digitalmente



**MARYJANE DINIZ DE ARAUJO GOMES**  
Data: 04/03/2024 09:19:07-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Profa. Dra. Maryjane Diniz de Araújo Gomes**  
**Instituto Federal do Pará – IFPA**

Documento assinado digitalmente



**ELESSANDRA LAURA NOGUEIRA LOPES**  
Data: 04/03/2024 10:22:37-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Profa. Dra. Elessandra Laura Nogueira Lopes**  
**Universidade Federal do Pará – UFPA**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia  
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

G635d Gonçalves, Marcos Augusto de Souza  
DESEMPENHO PRODUTIVO E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA NA CULTURA DO  
COQUEIRO ANÃO VERDE IRRIGADO E FERTIRRIGADO NA AMAZÔNIA ORIENTAL /  
Marcos Augusto de Souza Gonçalves. - 2024.  
80 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Agronomia(PPGA),  
Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2024.  
Orientador: Prof. Dr. Joaquim Alves de Lima Junior

1. Cocus nucifera L. 2. Manejo da irrigação. 3. Cocoicultura. 4. Fertirrigação. 5.  
Evapotranspiração. I. Junior, Joaquim Alves de Lima, orient. II. Título

CDD

---

631.709811

**Dedico,**

A minha esposa  
*Adriana Costa Lima,*

Aos meus pais  
*Martinho Gonçalves e Aldenora de Souza Gonçalves*

Aos meus irmãos  
*Neusa Olivia, Auricelia Gonçalves e Antônio Máximo de Souza*

*Aos meus sobrinhos (as), amigos (as), tios (as), sogro (a).*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida, proteção, cuidado e força nos momentos de dificuldade, dúvidas e anseios.

Aos meus pais, Martinho Gonçalves e Aldenora de Souza Gonçalves por sempre estarem ao meu lado, apoiando minhas decisões, por todo amor, carinho, dedicação e ensinamentos transmitidos ao longo dos anos, por ser sempre os meus incentivadores e exemplo de vida.

A minha esposa Adriana Costa Lima, que sempre esteve comigo em todos os momentos dessa caminhada, dias de alegria, outros de tristeza, angustia, medo e dúvidas, e nesses momentos sempre incentiando e contribuindo com os conselhos, sempre acalmar meu coração.

Aos meus irmãos que sempre pude contar, os quais são espelhos de pessoas e profissionais.

Aos meus sobrinhos, sobrinhas, amigos, tios/tias, sogro e sogra, toda a família por sempre está ao meu lado, próximos ou distantes, sempre torcendo e vibrando com todas as conquistas e vitórias.

A empresa Sococo, por todo apoio, oportunidade e estrutura disponibilizada para que essa pesquisa pudesse acontecer, agradecimento a todos os colaboradores, que contribuíram direto ou indiretamente nesse processo (equipes da pesquisa, equipe irrigação, administrativo, almoxerifado, cozinha e transporte).

Ao Grupo de Estudos de Engenharia de Água e Solo na Amazônia – GEEASA, ao qual tive oportunidade de interagir e aprender com diversos colegas, em especial aos Eng. Agro. Ermano Prévior, Rafaela dos S. Guerino e Maria do B. Conselho Lacerda Medeiros, a qual foi fundamental no início da pesquisa, organizando e estruturando os principais pontos.

A banca examinadora, composta pela Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Mariana Cassari Pereira, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Maryjane Diniz de Araújo Gomes e Elessandra Laura Nogueira Lopes pelos importantes e enriquecedoras contribuições, que são/foram muito além do material escrito, e sim de admiração e profissionalismo visto ao longo dos anos de graduação, cursos, palestras e oficinas.

Ao meu orientado Dr. Joaquim Alves de Lima Júnior pela oportunidade de fazer pesquisa, pelos ensinamentos e lições transmitidas ao longo dessa jornada.

A Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, através do Programa de Pós Graduação em Agronomia – PGAGRO, pela estrutura e

oportunidade de conseguir fazer pesquisa na Amazônia.

A todos os professores, técnicos, em especial a secretária do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-PGAGRO, Neila S. Nazaré, pela grandiosa contribuição nesse percurso, sempre muito solícita e disposta em orientar da melhor forma possível. Aos demais colaboradores e colegas que fizeram parte desse ciclo chamado “mestrado”.

Aos colegas de curso, e amigos que o mestrado me proporcionou em especial, ao Eng. Agro. MSc Jerffesson dos Santos Martins que contribuiu em todos os momentos neste ciclo, sejam nas questões acadêmicas o qual sempre esteve disposto a ajudar/ensinar, outrora, momentos pessoais, sempre apoiando e contribuindo da melhor forma. Em especial, a Eng. Agro. DSc Helane Cristina A. Santos que é um exemplo de pessoa e profissional, e sempre contribuindo desde a construção dos dados, sugestões, orientações e principalmente a confiança de que tudo ia dar certo.

A todos que contrubuíram, minha gratidão!

*“O conhecimento serve para encantar as  
pessoas, não para humilhá-las”.*

Mario Sergio Cortella

## RESUMO

No Brasil, a cultura do coqueiro é bem difundida e valorizada. Dentro da Região Norte, o estado do Pará se destaca como maior produtor. Mesmo sendo destaque é necessário a utilização de tecnologias capazes de solucionar os principais entraves para a boa produção e desenvolvimento da cultura, que são os fatores hídricos e nutricionais. Este manuscrito, composto por dois capítulos, teve como objetivo avaliar a resposta produtiva e a eficiência do uso da água no cultivo do coqueiro anão verde do Brasil submetido à diferentes lâminas de irrigação e fertilização potássica via fertirrigação na Amazônia Oriental. O experimento foi realizado na fazenda Reunidas Sococo, localizada no município de Santa Izabel, Pará, Brasil. O delineamento adotado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 3x4 com 12 tratamentos e 3 blocos, constituídos por 3 lâminas de irrigação e 4 doses de potássio. Os dados coletados foram: Peso do fruto (PF), Volume de água de coco (VAC) e o Número de frutos por planta (NF), além de da relação produtividade e eficiência do uso da água (EUA). As amostras foram submetidas à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade no software R (R Core Team, 2016) e nos eventos em que existiu significância foi realizada a análise de regressão. Foi observado a partir dos resultados a interação significativa entre as lâminas e doses. Para o PF o ponto máximo ocorreu na lâmina 100% e na dose 100%, com valor médio de 1.950 kg fruto<sup>-1</sup>. Para o VAC a interação aconteceu na lâmina 150% e dose 300%, com 298,2 mL fruto<sup>-1</sup>. Já para NF foi a lâmina 0% e dose 200% que apresentaram maior valor 201,3 frutos planta<sup>-1</sup>. Já a variável EUA para produtividade de frutos m<sup>3</sup> e volume de água de coco mL m<sup>3</sup>, ambas apresentaram resultados máximo na lâmina 100% e dose 300%, com valores de 15,77 e 29,90, respectivamente. De forma geral, os testes com lâminas de irrigação e adubação via fertirrigação obtiveram resultados significativos, mostrando que a lâmina de 100% da ETc consegue melhor desempenho, já a adubação a dose 300% demonstra que consegue potencializar o desempenho produtivo do coqueiro anão verde, comprovado pela EUApac e EUApf. Entretanto, sugere-se que novas pesquisas sejam realizadas nesse viés, para averiguar o comportamento das variáveis.

**Palavras-chave:** *Cocus nucifera* L; evapotranspiração da cultura; manejo da irrigação; cocoicultura.

## ABSTRACT

In Brazil, the cultivation of coconut trees is widespread and valued. Within the North region, the state of Pará stands out as the largest producer. Even though it is highlighted, it is necessary to use technologies capable of solving the main obstacles to good production and development of the crop, which are water and nutritional factors. This manuscript, composed of two chapters, aimed to evaluate the productive response and the efficiency of water use in the cultivation of green dwarf coconut palms from Brazil submitted to different irrigation depths and potassium fertilization via fertirrigation in the Eastern Amazon. The experiment was carried out at the Reunidas Sococo farm, located in the municipality of Santa Izabel, Pará, Brazil. The design adopted was in randomized blocks, in a 3x4 factorial scheme with 12 treatments and 3 blocks, consisting of 3 irrigation depths and 4 potassium doses. The collected data were: Fruit weight (PF), Coconut water volume (VAC) and the number of fruits per plant (FP). Coconut water volume (VAC) and the number of fruits per plant (FP). The samples were submitted to analysis of variance and the means compared by Tukey's test at 5% probability in the R software (R Core Team, 2016) and in the events in which there was significance, regression analysis was performed. It was observed from the results a significant interaction between slides and doses. For the FP, the maximum point occurred at the 100% depth and at the 100% dose, with an average value of 1,950 kg fruit<sup>-1</sup>. For VAC, the interaction happened at the 150% slide and 300% dose, with 298.2 mL fruit<sup>-1</sup>. As for FP, it was the depth 0% and dose 200% that presented the highest value of 201.3 fruits plant<sup>-1</sup>. The US variable for fruit yield m<sup>3</sup> and volume of coconut water mL m<sup>3</sup>, both showed maximum results at 100% depth and 300% dose, with values of 15.77 and 29.90, respectively. In general, the tests with irrigation depths and fertilization via fertigation obtained significant results, showing that the ET<sub>c</sub> 100% depth achieves better performance, whereas the fertilization dose of 300% demonstrates that it manages to enhance the productive performance of the green dwarf coconut tree, proven by EUApac and EUApf. However, it is suggested that new researches be carried out in this bias, to verify the behavior of the variables.

**Keywords:** *Cocos nucifera* L; crop evapotranspiration; irrigation management; coconut farming.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Cacho 10 (primeiro cacho, flores femininas já fecundadas) (A), cacho 20 (frutos em maturação ideal, pronto para colheita) (B), planta de coqueiro adulta (C) e copa do coqueiro com a organização dos cachos e folhas (D).	21
Figura 02. Produção regional de coco, em 2020 (mil frutos) .....	23
Figura 03. Produção por Estado de coco no ano de 2020 (mil frutos).....	23
Figura 04. Áreas irrigadas divididas por regiões geográficas. ....	26
Figura 05. Estados da Região Norte e seus índices de área total irrigada	27
Figura 06. Índices dos municípios com maiores áreas irrigadas do Estado	28
Figura 07. Cabeçario de comanda automático (A), Filtros com autolimpeza automática (B) e Cavales de divisões de setores com acionamento hidráulico (C) automático (C) .....	30
Figura 8. Preparo dos fertilizantes (A), calda devidamente preparada (B).	33
Figura 09. Medida do coleto (A), altura do estipe (B).....	34
Figura 10. Avaliação de peso (A), avaliação do volume da água de coco (B).	36
Figura 11. Plantas afetadas com a “Atrofia Letal da Coroa do Coqueiro” (ALCC), encurtamento das folhas (A), diminuição drástica de frutos (B). ....	37
Figura 12. Mapa de localização do Brasil, Estado do Pará, o município de Santa Izabel e a área experimental localizado na parcela F132.....	42
Figura 13. Extrato balanço hídrico mensal para o período de janeiro a dezembro de 2022 .....	52
Figura 14. Gráfico comparativo da precipitação (P) (mm), evapotranspiração da cultura (ETc) (mm) e temperatura média (°c) no período de janeiro de 2022 a dezembro de 2022.....	53
Figura 15. Acumulo mensal da evapotranspiração da cultura no período de janeiro a dezembro de 2022 .....	54
Figura 16. Lâminas de irrigação aplicadas no período de janeiro a dezembro de 2022 com 100% e 150% da reposição da ETc.....	55
Figura 17. Produção frutos planta <sup>-1</sup> em função de doses de KCl (50%, 100%, 200% e 300%) e lâminas de irrigação (0%, 100% e 150%).....	57
Figura 18. Peso médio de frutos em função de doses de KCl (50%, 100%, 200% e 300%) e lâminas de irrigação (0%, 100% e 150%).....	59

Figura 19. Peso médio de frutos em função de doses de KCl (50%, 100%, 200% e 300%) e lâminas de irrigação (0% (A), 100% (B) e 150% (C)).....	60
Figura 20. Relação mL fruto <sup>-1</sup> em função de doses de KCl (50%, 100%, 200% e 300%) e lâminas de irrigação (0%, 100% e 150%).....	62
Figura 21. Relação mL fruto <sup>-1</sup> em função de doses de KCl (50%, 100%, 200% e 300%) e lâminas de irrigação (0% (A), 100% (B) e 150% (C)). .....	63
Figura 22. Relação frutos ha <sup>-1</sup> em função de doses de KCl (50%, 100%, 200% e 300%) e lâminas de irrigação (0%, 100% e 150%).....	64
Figura 23. Relação frutos ha <sup>-1</sup> em função de doses de KCl (50%, 100%, 200% e 300%) e lâminas de irrigação (0% (A), 100% (B) e 150% (C)). .....	65
Figura 24. Relação mL ha <sup>-1</sup> em função de doses de KCl (50%, 100%, 200% e 300%) e lâminas de irrigação (0%, 100% e 150%).....	66
Figura 25. Relação frutos ha <sup>-1</sup> em função de doses de KCl (50%, 100%, 200% e 300%) e lâminas de irrigação (0% (A), 100% (B) e 150% (C)). .....	67
Figura 26. Eficiência do uso da água para frutos m <sup>-3</sup> em função de doses de KCl (50%, 100%, 200% e 300%) e lâminas de irrigação (100% e 150%).....	68
Figura 27. Eficiência do uso da água para volume de água de coco em mL m <sup>-3</sup> em função de doses de KCl (50%, 100%, 200% e 300%) e lâminas de irrigação (100% e 150%).....	69
Figura 28. Eficiência do uso da água para volume de água de coco em mL m <sup>-3</sup> em função de doses de KCl (50%, 100%, 200% e 300%) e lâminas de irrigação (100% e 150%).....	69
Figura 27. Eficiência do uso da água para volume de água de coco em mL m <sup>-3</sup> em função de doses de KCl (50%, 100%, 200% e 300%) e lâminas de irrigação (100% e 150%).....	69
Figura 28. Eficiência do uso da água para volume de água de coco em mL m <sup>-3</sup> em função de doses de KCl (50%, 100%, 200% e 300%) e lâminas de irrigação (100% e 150%).....	69

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores referentes a área colhida, produção e rendimento nos anos de 2018 e 2019 e projeção para 2020 e 2021, no cenário mundial.....	22
Tabela 2. Atributos químicos do solo, nas profundidades 0 - 20 e 20 – 40 cm, e atributos físicos do solo na profundidade 0 – 30 cm, pomar comercial fazenda Reunidas Sococo, 2022 .....	43
Tabela 3. Doses de cloreto de potássio (KCl) aplicadas via fertirrigação e adubação convencional durante a condução do experimento.....	44
Tabela 4. Resumo da análise de variância para número de frutos (NF), peso do fruto (PF), volume de água de coco (VAC), produtividade de frutos ( $PROD_F$ ), produtividade de água de coco ( $PROD_{AC}$ ), eficiência do uso da água produtividade de frutos ( $EUA_{PF}$ ) e eficiência do uso da água para produtividade de água de coco ( $EUA_{PAC}$ ) em função das porcentagens de fertirrigação (FB) e lâminas de irrigação (FA). .....	56

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

% - Percentual;

°c – Graus Celsius;

ea – Pressão de vapor de água;

ETc – Evapotranspiração da cultura;

ETo – Evapotranspiração de referência

Rn – Radiação solar líquida disponível

G – Fluxo de calor

U<sup>2</sup> – Velocidade do vento

es – Pressão de saturação do vapor de água atmosférico

Ta – temperatura média diária do ar

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária;

EUA – Eficiência do uso da água;

EUA<sub>PAC</sub> – Eficiência do uso da água para produtividade de água de coco;

EUA<sub>PF</sub> – Eficiência do uso da água para produtividade de frutos;

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura;

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;

UFRA – Universidade Federal Rural da Amazônia

kg – Quilograma;

L - Litro;

LL – Lâmina líquida de irrigação;

LB – Lâmina bruta de irrigação;

TI – Tempo de irrigação;

m – Metro;

m<sup>3</sup> – Metro cubico

m<sup>2</sup> - Metro quadrado;

mm - Milímetro;

NFP – Número de frutos por planta;

ha – Hectare;

DBC – Delineamento de blocos casualizados;

SI – Sem irrigação;

KCl – Cloreto de potássio;

cm – Centímetro;

MAP – Mono-Amônio-Fosfato;

CUD – Coeficiente de uniformidade de distribuição de água;

Ea – Eficiência de aplicação;

qa- Vazão;

e – Número de emissores por planta;

PP – Precipitação Pluviométrica;

NF - Número de frutos por planta;

PF – Peso do fruto;

VAC – Volume de água de coco.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I</b> .....	16
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>1.1 Objetivo</b> .....	19
<b>1.2 Objetivos específicos</b> .....	19
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	19
<b>2.1 A cultura do coqueiro</b> .....	19
<b>2.2 Tecnologia da Irrigação</b> .....	25
<b>2.3 Manejo da Irrigação via clima</b> .....	28
<b>2.4 Manejo da Fertirrigação</b> .....	31
<b>2.5 Fenologia e Produtividade</b> .....	34
<b>CAPÍTULO II</b> .....	39
<b>3 ARTIGO: DESEMPENHO PRODUTIVO E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA NA CULTURA DO COQUEIRO ANÃO VERDE IRRIGADO E FERTIRRIGADO NA AMAZÔNIA ORIENTAL</b> .....	39
<b>3.1 INTRODUÇÃO</b> .....	40
<b>3.2 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	41
<b>3.2.1 Localização da área experimental</b> .....	41
<b>3.2.2 Caracterização edafoclimática da região de estudo</b> .....	42
<b>3.2.3 Adubação convencional e fertirrigação</b> .....	43
<b>3.2.4 Variedade, tratos culturais e delineamento</b> .....	45
<b>3.2.5 Sistema de Irrigação</b> .....	45
<b>3.2.6 Manejo da irrigação via demanda atmosférica</b> .....	46
<b>3.2.7 Produtividade</b> .....	49
<b>3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	51
<b>3.3.1 Fatores climáticos</b> .....	51
<b>3.3.2 Produção</b> .....	56
<b>3.3.3 Produtividade (PROD)</b> .....	63
<b>3.3.4 Eficiência do uso da água (EUA)</b> .....	67
<b>3.4 CONCLUSÕES</b> .....	70
<b>3.5 REFERÊNCIAS</b> .....	71
<b>4. CONSIDERAÇÕES GERAIS</b> .....	76
<b>5. REFERÊNCIAS</b> .....	77

## CAPITULO I

### 1. INTRODUÇÃO

Na fruticultura, a cultura do coqueiro (*Cocos nucifera* L) possui papel de extrema importância socioeconômica para as regiões que cultivam essa palmeira (cocoicultura). Em caráter empresarial, são utilizadas grandes extensões de áreas cultivadas tendo em vista a extração de água de coco para envase e/ou, processamento do albúmen sólido entre outras finalidades comerciais (MACHADO, 2020). Nesse enredo, as empresas movimentam um número significativo de colaboradores, promovendo crescimento e aceleração da economia local e regional através da geração de empregos diretos e indiretos (ODURO-YEBOAH *et al.*, 2020).

As unidades produtivas de baixa escala trabalham com a comercialização do coco *in natura*, para comercialização em feiras e praças, contribuindo consideravelmente para geração de emprego e renda por meio da cocoicultura. Isso demonstra que a cultura do coqueiro é de grande importância para a agricultura empresarial e familiar (ODURO-YEBOAH *et al.*, 2020, CUENCA *et al.* 2018).

O cultivo do coqueiro na Região Norte apresentou boa adaptabilidade principalmente no estado do Pará, devido aos fatores edafoclimáticos favoráveis característicos de clima tipicamente tropical (IBGE, 2019). De forma geral, grande parte das palmeiras consegue se adaptar ao clima amazônico (FRÓES JUNIOR *et al.*, 2019), contudo, a carência de informações técnicas sobre determinados fatores agrônômicos, como demanda hídrica e exigência nutricional, ainda impactam de maneira significativa no desempenho produtivo do coqueiro em função do seu ciclo contínuo de produção durante todo o ano (RIBEIRO *et al.*, 2016).

Atualmente as mudanças climáticas requerem atenção para aspectos importantes de sazonalidade, com potenciais efeitos que impactam negativamente o desenvolvimento dos cultivos agrícolas. Em determinadas regiões, as condições de regime pluviométrico e disponibilidade de recursos hídricos apresentam-se como fatores preponderantes para a manutenção dos processos metabólicos dos vegetais (ARAÚJO *et al.*, 2022), assim como também exercem influência significativa em locais de elevada quantidade de chuvas,

porém de má distribuição das mesmas ao longo das safras, especialmente em cultivos de ciclo contínuo produtivo anual como no caso do coqueiro (PIZANI, 2017).

A região Amazônica é descrita com elevados níveis de precipitação, o que a torna muito propícia para cultivos agrícolas. Entretanto, existe uma variabilidade climática grande, com episódios climáticos extremos, como, por exemplo, a falta de chuva, causando graças a isso secas intensas, ou mesmo pelo excesso de precipitação, o que causa inundações. Ambos extremos fazem com que exista a necessidade de tecnologias capazes de auxiliar na variabilidade climática, como é o caso da irrigação, atuando de forma eficiente em casos de falta de chuva, fator corriqueiro na região Amazônica principalmente no segundo semestre, entre junho a novembro (ESPINOZA *et al.*, 2014, CAMPOS, SANTOS, 2017)

Neste contexto, a utilização da tecnologia de irrigação no ambiente agrícola amazônico é de fundamental importância para a reposição hídrica de maneira eficiente nos cultivos praticados na região (PINTO *et al.*, 2023). Na cocoicultura, a demanda hídrica acentua-se devido a exigência das palmeiras para a realização de processos metabólicos vitais ao seu desenvolvimento (ARAÚJO *et al.*, 2022, MEDEIROS *et al.*, 2022). Outro fator de extrema relevância para a cultura do coqueiro é a nutrição mineral, principalmente o fornecimento do cloreto de potássio, o qual tem papel de grande importância tanto nas questões fisiológicas, metabólicas e no sabor da água de coco (MEDEIROS *et al.*, 2023).

A aplicação de fertilizantes através da água de irrigação, intitulada Fertirrigação, potencializa a absorção dos nutrientes pelas raízes das plantas, minimizando os eventuais efeitos causados pelos estresses hídrico e nutricional (déficit ou excesso), e maximizando o uso eficiente da água pelos vegetais, possibilitando incrementos na produtividade das culturas e na rentabilidade do produtor rural (ARAÚJO *et al.*, 2022).

Desta forma, a utilização da fertirrigação na cocoicultura apresenta-se como uma tecnologia de produção primordial em vista da máxima produtividade do coqueiro, tendo em conta que a cultura receberá água e nutrientes de forma equilibrada e eficiente, possibilitando às palmeiras alcançarem o seu potencial

produtivo por meio das condições favoráveis oferecidas para o seu pleno desenvolvimento (PERRONI *et al.*, 2015).

Nesse sentido, a hipótese testada nesta pesquisa parte do pressuposto que a adubação potássica, via fertirrigação, aumenta o desempenho produtivo do coqueiro e que o manejo da irrigação, via clima, potencializa a eficiência do uso da lâmina de irrigação aplicada na cocoicultura sob as condições edafoclimáticas da Amazônia Oriental.

### **1.1 Objetivo**

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a resposta produtiva e a eficiência do uso da água no cultivo do coqueiro anão verde do Brasil, submetido à diferentes lâminas de irrigação e fertilização potássica via fertirrigação na Amazônia Oriental.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Avaliar a produção e a produtividade de frutos do coqueiro anão verde do Brasil submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses crescentes de cloreto de potássio via fertirrigação.
- Estimar a eficácia do uso da água da irrigação na produtividade de frutos e de água de coco na cultura do coqueiro anão verde do Brasil sob irrigação e fertirrigação.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 A cultura do coqueiro**

O coqueiro (*Cocus nucifera* L.) é uma planta que faz parte da família Aracaceae, sendo, portanto, uma palmeira perene. É uma das palmeiras mais úteis do mundo, isso devido ao seu poder de aproveitamento, havendo várias possibilidades de uso, o qual vai desde a raiz, caule, inflorescência, folhas e frutos, sendo destinados para confecção de artesanatos, alimentícios,

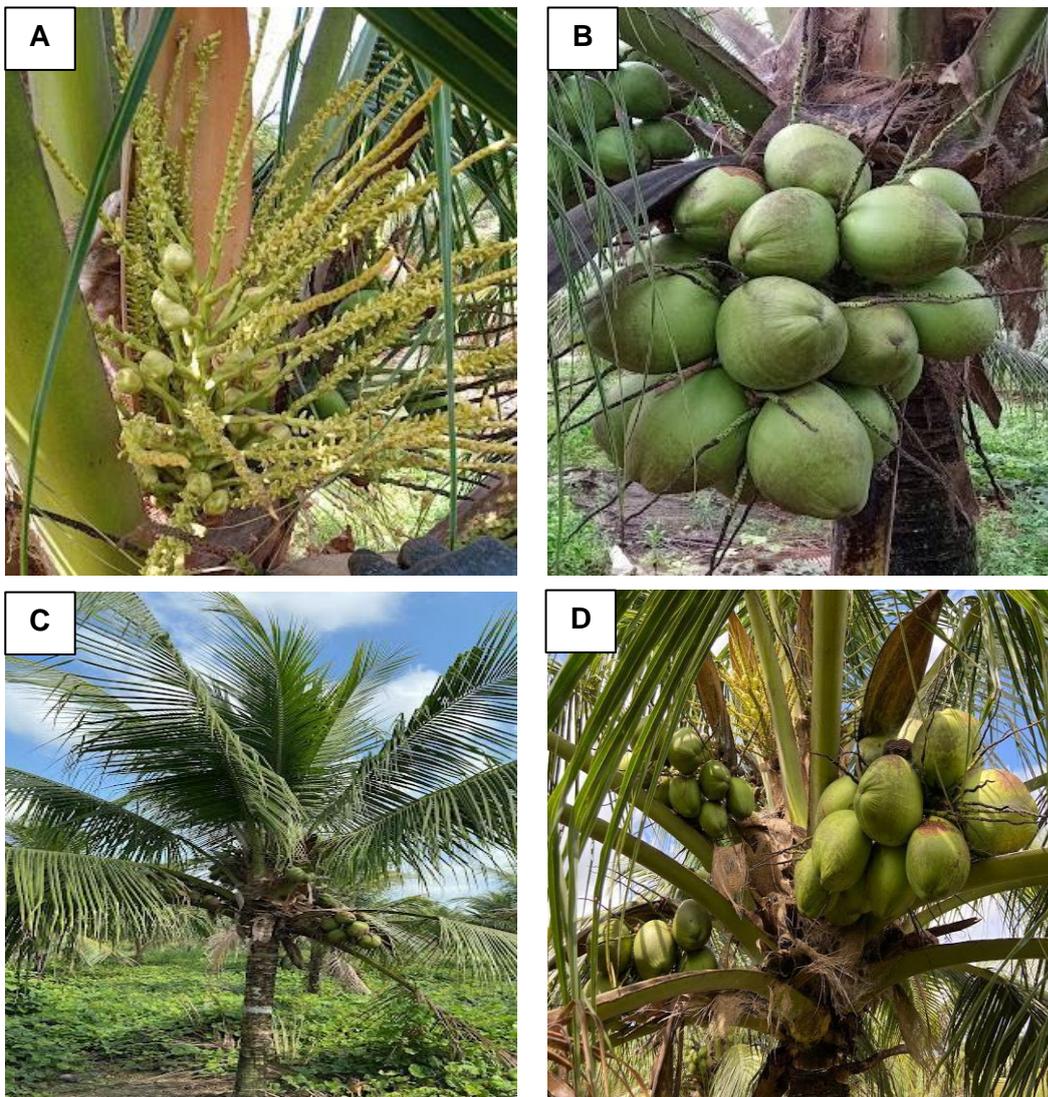
agroindustriais, medicinais, biotecnológicos, fibra, ração animal entre outros (MACHADO, 2020, CUENCA *et al.*, 2018, ARAGÃO, *et al.*, 1999).

É considerada uma cultura agrícola de cunho empresarial e familiar, sendo também vista como de subsistência para diversas populações no mundo. O coqueiro é uma frutífera de grande importância social e econômica para agricultura mundial, isso devido sua contribuição para a geração de emprego e renda para diversas famílias, para os Estados e para os países produtores (ODURO-YEBOAH *et al.*, 2020).

A classificação botânica do coqueiro encontra-se na classe das angiospermas, possuindo flores, frutos e sementes, subclasse das monocotiledôneas, pertencendo a ordem Arecales e família Arecaceae, do gênero *Cocos*, espécie *Cocos nucifera* L, originária das regiões tropicais, desenvolve-se em solo arenosos e elevada precipitação, tem como nome vulgar a denominação de Coqueiro (MARTINS, CUENCA, 2018, SIQUEIRA *et al.*, 2002).

O coqueiro tem sua produção de forma contínua, florescendo e produzindo frutos de forma permanente durante o ano (figura 01), abrindo cachos novos em ciclos de 21 dias. Se tratando de uma angiosperma, possui flores que precisam ser polinizadas, a qual acontece principalmente por anemofilia, mas acaba sendo visitada e polinizada por diversos insetos que são atraídos pelos atributos contidos nas inflorescências, no néctar das flores femininas e o grão de pólen nas masculinas (MUNIZ *et al.*, 2020).

Figura 01. Cacho 10 (primeiro cacho, flores femininas já fecundadas) (A), cacho 20 (frutos em maturação ideal, pronto para colheita) (B), planta de coqueiro adulta (C) e copa do coqueiro com a organização dos cachos e folhas (D).



Fonte: o autor, 2023.

O cultivo do coqueiro é considerado bem difundido pelo mundo, o qual encontra-se em mais de 200 países, espalhados em praticamente todos os continentes. Adaptando-se bem principalmente nas zonas intertropicais do globo, o qual possui cerca de 300 ecótipos, com destaque para duas variedades principais, *Typica* (coqueiro gigante) e a *Nana* (coqueiro Anão), uma com destinação para coco seco, com diversos produtos e subprodutos, e a outra é destinada principalmente para a indústria de envase de água de coco, respectivamente (ALVES *et al.*, 2018, BAPTISTELLA, COELHO, 2021).

Na atualidade, a maior concentração de área produtiva de coqueiro está presente em três países, Indonésia (30%), Filipinas (24%) e Índia (19,0%),

totalizando 73% dessas áreas e contribuem com cerca de 74% da produção (Tabela 1), com cerca de 62,9 milhões de toneladas que foram estimados para o ano de 2021 (BRAINER, 2021).

Nesse cenário, o Brasil é o quinto maior produtor mundial, com cerca de 4,5%. Entretanto, ocupa a primeira colocação quando se trata de rendimento, cerca de 13.114 kg/ha (Tabela 1), e essa característica está ligada possivelmente ao uso de tecnologias utilizadas nos plantios, além de manejo adequado, variedades resistentes e com genética favorável ao aumento de produtividade (MARTINS, JESUS JÚNIOR, 2014).

Tabela 1. Valores referentes a área colhida, produção e rendimento nos anos de 2018 e 2019 e projeção para 2020 e 2021, no cenário mundial.

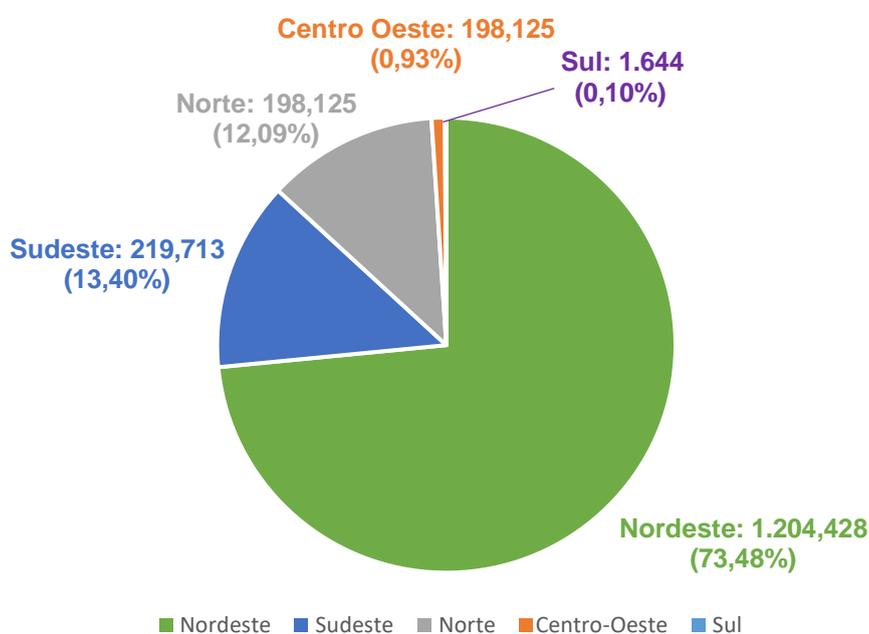
Países	Área colhida (mil ha)				Produção (mil t)				Rendimento (kg/ha)			
	2018	2019	2020	2021	2018	2019	2020	2021	2018	2019	2020	2021
Indonésia	2800	2,800	2,812	2,778	17,100	17,129	16,882	16,812	6,107	6,117	6,003	6,052
Filipinas	3628	3,652	3,595	3,610	14,726	14,765	14,420	14,357	4,059	4,043	4,011	3,977
Índia	2097	2,151	2,100	2,102	16,413	14,682	12,963	13,314	7,827	6,826	6,173	6,333
Sri Lanka	455	503	463	463	2,098	2,469	2,276	2,242	4,609	4,904	4,913	4,843
<b>Brasil</b>	<b>199</b>	<b>187</b>	<b>187</b>	<b>194</b>	<b>2,345</b>	<b>2,349</b>	<b>2,459</b>	<b>2,447</b>	<b>11,806</b>	<b>12,540</b>	<b>13,114</b>	<b>12,588</b>
Vietnã	155	159	151	152	1,572	1,677	1,531	1,550	10,161	10,550	10,152	10,204
México	212	204	202	205	1,342	1,288	1,285	1,302	6,337	6,309	6,370	6,354
Papua Nova Guiné	192	189	198	196	1,186	1,193	1,188	1,188	6,167	6,317	6,004	6,071
Tailândia	121	124	150	141	858	806	847	835	7,078	6,481	5,659	5,914
Malásia	75	77	75	75	496	537	512	513	6,601	6,989	6,842	6,829
Demais	1,764	1,800	1,699	1,720	6,052	5,999	5,939	5,957	3,430	3,332	3,496	3,464
Total mundial	11698	11,846	11632	11636	64188	62894	60302	60,517				

Fonte: adaptado de Faostat (2021). Nota: Calculou-se a área do ano de 2020 através da média dos anos 2015 a 2019, e a do ano de 2021, com a média dos anos 2016 a 2020. Fez-se o mesmo com as produções, e as produtividades foram calculadas a partir das produções e áreas de cada ano (2020 e 2021).

No Brasil, a cultura do coqueiro é bem difundida e valorizada, encontra-se em todas as regiões do país, com áreas estimadas atualmente em 187,5 mil hectares, com produção de 1,6 bilhão de frutos. Mesmo com essa adaptação três regiões têm destaque no cultivo, a região nordeste, a qual encontra-se a maior concentração de área colhida, com cerca de 80,9% do Brasil e aproximadamente 73,5% de sua produção (Figura 02) (BRAINER, 2021, IBGE, 2020).

A terceira maior concentração de área colhida está na Região Norte com cerca de 10,5% e 12,09% da produção nacional. As demais regiões apresentam uma concentração cujo quantitativo gira em torno de 1,3% (figura 02), esse valor significativo nas regiões nordeste e norte, respectivamente, está diretamente ligada às condições climáticas tipicamente tropicais, assim como a utilização de tecnologias em insumos, equipamentos e material genético, como é o caso do avanço da Região Norte em aspectos de rendimento (BRAINER, 2021, CÂMARA *et al.*, 2019, MARTINS, JESUS JÚNIOR, 2014).

Figura 02. Produção regional de coco, em 2020 (mil frutos)



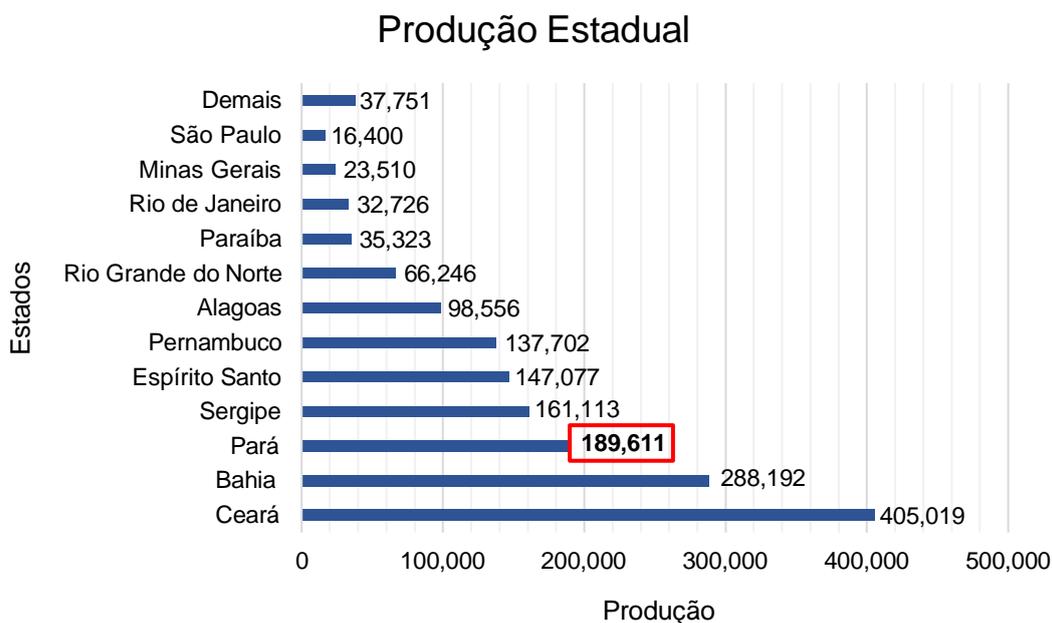
Fonte: adaptado de IBGE (2021).

Na busca por expansão da cultura, a Região Norte vem se notabilizando por suas características favoráveis como os fatores climáticos, tipicamente

Figura 03. Produção por Estado de coco no ano de 2020 (mil frutos).

tropicais, e conta com grandes extensões de áreas onde, entre os anos de 2019 e 2020, teve um aumento de área de cerca de 1.500 hectares (BRAINER, 2021), e assim vêm crescendo e se firmando com grandes potencialidades. Dentro da Região Norte, o Estado do Pará se destaca como maior produtor, e dentro do cenário nacional, encontra-se em terceiro lugar com cerca de 12,2% da produção no ano de 2020 (figura 03) (IBGE, 2019).

Fonte: adaptado de IBGE (2021).



Mesmo com todas as características favoráveis que contemplam a Região Norte e o Estado do Pará, são necessários o monitoramento e o aporte ainda maior de tecnologia, que consiga atuar na identificação de eventos climatológicos, e também no que tange as questões de reposição hídrica e nutricionais do coqueiro, para potencializar e melhorar ainda mais a produtividade da Região e do Estado (FRÓES JUNIOR *et al.*, 2019).

Esse aporte é de suma importância, haja vista que as mudanças climáticas acabam afetando diretamente os cultivos que necessitam de grandes volumes de água, assim como demandam uma grande quantidade de nutrientes para conseguir retornos produtivos satisfatórios, como é o caso da cocoicultura (RIBEIRO *et al.*, 2016).

O coqueiro possui crescimento e produção contínuos, o que implica na absorção de elevada quantidade de nutrientes e água. No caso do coqueiro anão, esta ação é ainda maior, porque sua produtividade é superior à dos genótipos de coqueiro gigante (SOBRAL, 2003). Logo, a falta ou mesmo o desequilíbrio desses fatores podem ocasionar diminuição da produtividade, seja por má formação e/ou abortamento dos frutos no decorrer do seu ciclo (ARAÚJO *et al.*, 2022).

Dessa forma, a utilização de tecnologia que seja capaz de suprir as necessidades hídricas e nutricionais da planta é de suma importância para evitar a diminuição da produtividade e auxilia na sua potencialização, para melhorar o desempenho produtivo da cultura. Nesse sentido, a utilização de um sistema de irrigação consegue sanar de forma eficiente os dois principais fatores, o hídrico e o nutricional, para o bom desenvolvimento fisiológico e produtivo da cultura, seja ela qual for (PERRONI *et al.*, 2015).

## **2.2 Tecnologia da Irrigação**

O emprego de tecnologias que busquem potencializar a utilização de recursos minimamente necessários para o bom desenvolvimento das culturas agrícolas são atualmente mecanismos importantes e fundamentais no que tange o aumento da produtividade, a diminuição de mão de obra e a diminuição das expansões de áreas buscando maior produtividade, todos esses benefícios são em decorrência principalmente pela introdução do sistema de irrigação.

A utilização nas culturas agrícolas brasileira de sistema de irrigação vem se mostrando muito eficiente e sua implantação e operacionalização depende de vários fatores como, por exemplo, topografia e clima. Este último exerce papel de grande importância, principalmente em regiões onde existe uma irregularidade de distribuição, tipo de solo, entre outros, que influenciam diretamente no tipo de sistema que poderá ser adotado bem como sua dinâmica de manejo (RADIN, SCHÖNHOFEN, TAZZO, 2018).

Nesse sentido, é importante ter ciência de um sistema bem dimensionado, com cálculos precisos, levando em conta todas as possibilidades possíveis, desde o manancial e sua capacidade máxima de captação, as tubulações com suas perdas, até chegar no alvo. Todo esse processo é justamente para fornecer à planta a quantidade ideal de água demandada por ela, assim como o momento ideal de iniciar a irrigação (PIZANI, 2017, CARVALHO, OLIVEIRA, 2012).

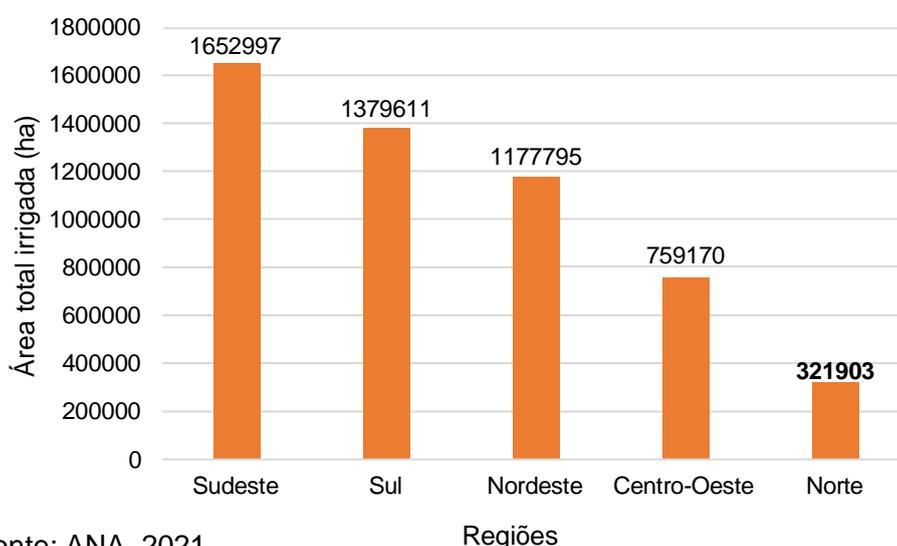
De forma geral a utilização de um sistema de irrigação entra como um exercício adicional, pois na maioria do território a incidência de chuvas, em relação a quantidade, são totalmente satisfatórias. Contudo, esse quantitativo ocorre de forma irregular, não havendo uma uniformização espacial e temporal,

ficando concentrado em períodos bem definidos, de excesso de chuva, denominado de inverno, e períodos sem chuvas, denominado de verão (ARAÚJO *et al.*, 2022).

Essa falta de regularidade faz com que as plantas não consigam atingir produções máximas justamente devido ao estresse hídrico acarretado por essas mudanças, que pode acontecer tanto pela falta, ocasionando déficit, quanto pelo excesso de água (PIZANI, 2017). Nesse sentido, as pesquisas apontam que as unidades produtivas que fazem uso da tecnologia de irrigação acabam conseguindo resolver o grande gargalo das culturas agrícolas representado pela reposição hídrica, que nas palmeiras, como é o caso do coqueiro, é ainda maior, atingindo graças a isso elevados níveis de produtividade, além da qualidade da planta matriz (EMBRAPA, 2018, TRIGO *et al.*, 2018).

Esse aumento espacial significativo de produção está relacionado a cultivos agrícolas com maior adoção de sistemas de irrigação (EMBRAPA, 2018). O Brasil vem avançando significativamente na implantação de sistemas de irrigação em todas as regiões, entretanto, segundo dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA no ano de 2019 mostram que as regiões sudeste, com 31%, sul, com 26% e nordeste, com 22%, despontam com maiores áreas irrigadas, já a Região Norte aparece com os menores valores de áreas irrigadas com apenas 6%, como podemos observar na figura 04, a seguir.

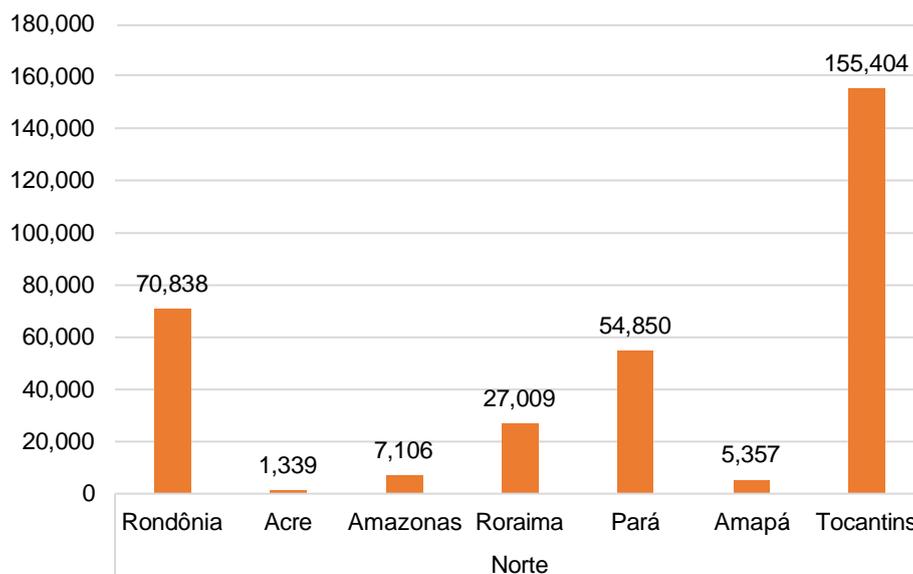
Figura 04. Áreas irrigadas divididas por regiões geográficas.



Fonte: ANA, 2021.

Dentro da Região Norte, na qual concentra-se diversos cultivos empresariais de grande porte, alguns estados despontam com índices bem superiores aos demais (figura 05), como é o caso do Tocantins que apresenta cerca de 36% dessas áreas dentro da região norte, Rondônia com cerca de 22% e em terceiro o Estado do Pará com apenas 17% (ANA, 2021).

Figura 05. Estados da Região Norte e seus índices de área total irrigada.

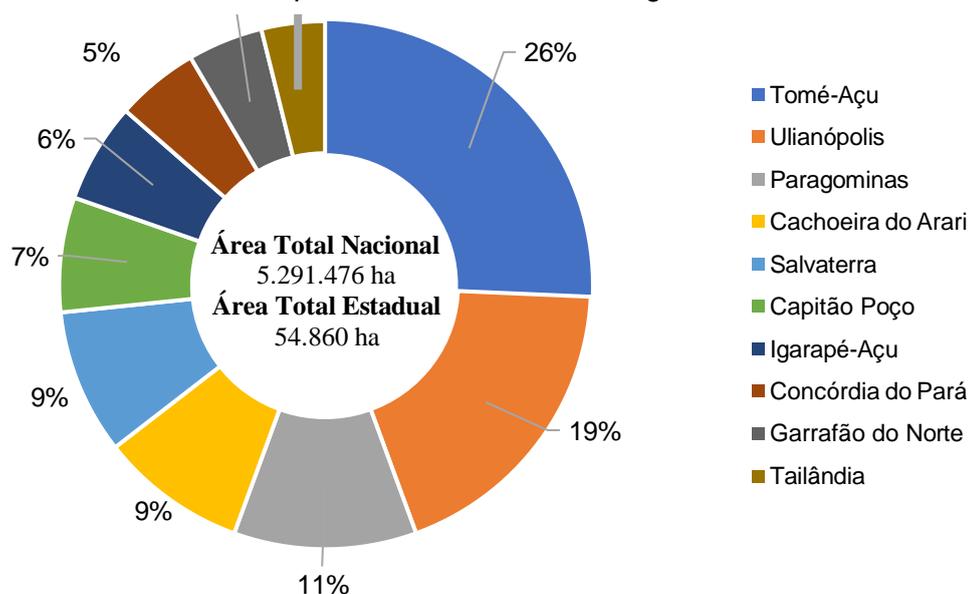


Fonte: ANA, 2021.

Segundo a ANA (2021), o Estado do Pará aparece em terceiro lugar no que diz respeito a suas áreas irrigadas dentro da Região Norte. O referido estado conta com uma área agricultável relevante entre seus 144 municípios, todavia, desse total somente 10 municípios tem dados relevantes sobre áreas irrigadas, o que demonstra uma concentração totalmente desuniforme.

Dentro do estado, os municípios que aparecem com destaque em suas áreas irrigadas acima dos 10% são Tomé-Açu com cerca de 26%, depois Ulianópolis com 19% e Paragominas com 11%, os demais municípios constam com índices inferiores a 10%. A área total do estado representa cerca de 54.860 hectares, contando com 1% do total nacional que é de 5.291,476 hectares conforme figura 06, a seguir (ANA, 2021).

Figura 06. Índices dos municípios com maiores áreas irrigadas do Estado.



Fonte: ANA, 2021.

A utilização de tecnologias que busquem potencializar a utilização de recursos minimamente necessários para o bom desenvolvimento das culturas agrícolas são, atualmente, mecanismos importantes e fundamentais no que tange ao crescimento e desenvolvimento vegetal, bem como o aumento da produtividade (PALHETA *et al.*, 2018, TAIZ *et al.*, 2017).

Outro ponto importante é como essa tecnologia está sendo empregada dentro do estado, diante dos diversos métodos de irrigação apropriado ou adaptado para melhor atender as demandas exigidas pela cultura, sempre havendo uma necessidade de entender a quantidade e o momento certo dessa reposição hídrica via irrigação, haja vista que muitas unidades produtivas acabam realizando o molhamento, fornecendo água sem qualquer discriminação técnica de tempo e quantidade (SOUZA *et al.*, 2012).

### 2.3 Manejo da Irrigação via clima

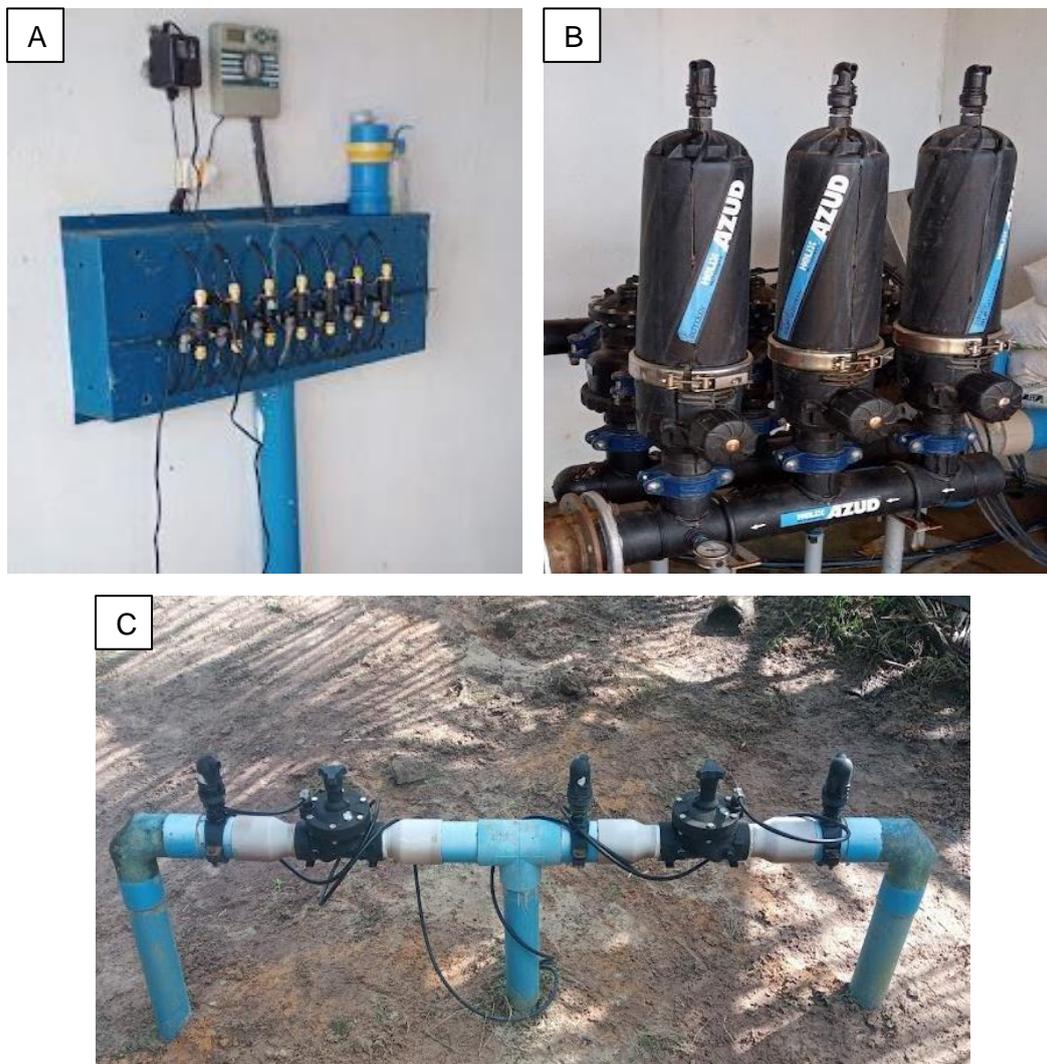
A demanda de água das culturas é parte da informação básica necessária ao planejamento da irrigação, determinando o momento certo para fazer a aplicação da irrigação e a quantidade de água a ser aplicada à cultura

(CARVALHO, OLIVEIRA, 2012). Este planejamento é o produto de integração dos processos de evaporação e transpiração estimados a partir de dados meteorológicos e de dados do manejo agrônômico da cultura (PEREIRA, VILA NOVA, SEDIYAMA, 2013).

Em meio a vários métodos empregados para mensurar a evapotranspiração há os que são fundamentados em princípios físicos, utilizando informações climáticas a partir de estações meteorológicas, sendo o mais utilizado e também mais preciso o método de Penman-Monteith, o qual é considerado a metodologia padrão para estimar tal variável (ANDRADE *et al.*, 2023, ALLEN *et al.*, 1998). O manejo da irrigação utilizando as informações climáticas são precisas e podem ser aplicadas em diversos tipos de sistemas e tecnologias empregadas a essa vertente.

O sistema de irrigação pode ser simples, manual e sem muitos equipamentos, porém, na busca algo mais robusto pode-se aplicar um sistema de irrigação totalmente automatizado (Figura 07), capaz de obedecer a comandos previamente estabelecidos de acordo com fatores específicos como a evapotranspiração e/ou tensão do solo, tempo, quantidade e momento certo para realizar a irrigação (EMBRAPA, 2018, PIZANI, 2017).

Figura 07. Cabeçario de comanda automático (A), Filtros com autolimpeza automática (B) e Cavales de divisões de setores com acionamento hidráulico (C) automático (C)



Fonte: o autor, 2023.

Toda essa tecnologia, além da alta eficiência, busca o aumento da produtividade e procura melhorar a utilização dos recursos naturais de forma mais racional e responsável, evitando desperdícios pela má gestão da mão de obra humana direta (ALMEIDA *et al.*, 2019).

Nesse sentido, é importante que se tenha ciência de um sistema bem dimensionado, com cálculos precisos, levando em conta todas as possibilidades possíveis, desde o manancial e sua capacidade máxima de captação, às tubulações com suas perdas, até chegar no alvo, todo esse processo é justamente para fornecer à planta a quantidade ideal de água demandada por ela (PIZANI, 2017, CARVALH, OLIVEIRA, 2012).

De forma geral, a utilização de um sistema de irrigação entra como um exercício adicional, pois na maioria do território a incidência de chuvas, em relação a quantidade, são totalmente satisfatórias, ainda assim esse quantitativo ocorre de forma irregular, não havendo uma uniformização espacial e temporal, ficando concentrado em períodos bem definidos, com excesso de chuva, e períodos com déficit de chuvas, além de sofrer com episódios de eventos climáticos que podem mudar alguns cenários previamente estabelecidos, como é o caso do *El Nino* (TESTEZLAF, 2017, DAVIDSON *et al.*, 2012).

O manejo da irrigação via demanda atmosférica torna-se um método bastante eficiente, considerando-se os dados climáticos precisos e indispensáveis nesse tipo de manejo, podendo ser em escalas horarias incorporando dados como precipitação, velocidade do vento, temperatura, umidade relativa e evapotranspiração potencial, e estas informações irão variar de acordo com a robustez da estação meteorológica (ANDRADE *et al.*, 2023).

Em Paralelo aos dados climáticos, a utilização de informações de fisiologia da cultura do coqueiro é de extrema importância, como é o caso do coeficiente da cultura (Kc) (ANDRADE *et al.*, 2023). Esse fator contribui para compor resultados mais precisos e corretos no que tange a reposição hídrica da planta, levando-se em conta que é um fator de correção e que atende ao seu estágio de desenvolvimento, logo, a integração de fatores climáticos e fisiológicos é imprescindível na realização do manejo da irrigação via demanda atmosférica (PIZARRO *et al.*, 2022).

## **2.4 Manejo da Fertirrigação**

A utilização dessa tecnologia é de grande importância no que tange a busca eficiente de fornecimento hídrico e nutricional dos fertilizantes. A fertirrigação consiste no fornecimento de nutrientes para a planta via água de irrigação, o qual faz com que esse processo contribua significativamente para potencializar a absorção dos nutrientes, além do fracionamento dos nutrientes em parcelamentos maiores das adubações, favorecendo a absorção (DUENHAS *et al.*, 2002).

O emprego desse método de adubação consegue, além da eficiência de aplicação e absorção pela planta, trazer outros benefícios importantes, que é a diminuição da mão de obra, a qual é reduzida devido todo processo ser realizado via sistema de irrigação, diminuição da compactação do solo e, principalmente, a quantidade de fertilizantes a ser utilizado. Desde modo, nesse sistema o controle acaba sendo maior, evitando perdas devido ao uso em excesso, ou inferior ao recomendado, sendo, portanto, mais eficiente que o método convencional de aplicação (MIRANDA *et al.*, 2018).

Outro aspecto importante é a uniformidade de aplicação e disponibilidade para o coqueiro, a julgar pelo raio de atuação que um sistema de irrigação localizado atingirá de forma satisfatória o sistema radicular da palmeira, fazendo com que esses fertilizantes sejam mais bem aproveitados no alvo, ocorrendo conseqüentemente uma maior e mais rápida absorção, diminuindo perdas por lixiviação ou volatilização dos fertilizantes por excesso ou falta de água (MIRANDA *et al.*, 2018).

Não obstante, mesmo com diversas vantagens, são necessárias algumas observações importantes antes de iniciar o processo de fertirrigação, principalmente no que tange a compatibilidade e solubilidade dos nutrientes a serem aplicados, pois nem todos são direcionados a essa prática, assim como sua pureza para potencializar a eficiência (BORGES, SILVA, 2014).

A compatibilidade está intimamente ligada a mistura de alguns fertilizantes, ao qual podem não ser compatíveis e a solubilidade em solução aquosa nesse sistema é uma exigência, porque quanto mais solúvel em água melhor e mais eficiente se torna (figura 08) (GUERRA *et al.*, 2004).

Dentre os fertilizantes direcionados para essa prática, os com maior frequência de uso no coqueiro são a Ureia, Nitrato de cálcio, Ácido fosfórico, Sulfato de amônio, Fosfato monoamônico, Nitrato de potássio e o Cloreto de potássio (MIRANDA *et al.*, 2018). Entre os citados, o Cloreto de potássio é o nutriente de grande relevância para as culturas frutícolas já que atua diretamente tanto nos fatores produtivos em relação a quantidade como na qualidade dos frutos, interferindo no sabor da água de coco (COSTA *et al.*, 2009, SILVA *et al.*, 2009).

O Potássio é um dos macronutrientes que atua como osmorregulador, em quantidade ideal produz uma faixa osmótica e com isso tolera o fluido de água

dentro das células, regulando e/ou ajustando o fechamento e abertura estomática, sendo assim um nutriente de grande importância uma vez que interfere diretamente na perda de água da planta e participa dos mecanismos de ativação enzimáticas. Sua elevada mobilidade no solo e alta solubilidade em água faz com que esse nutriente adapte perfeitamente nesse sistema (MALAVOLTA, 2006, SHIMAZAKI *et al.*, 2007, OLIVEIRA *et al.* 2017).

Figura 8. Preparo dos fertilizantes (A), calda devidamente preparada (B).



Fonte: o autor, 2023.

Para o bom desenvolvimento da cultura do coqueiro os principais fertilizantes utilizados via fertirrigação, segundo Miranda (2018), são Cloreto de potássio, Nitrato de potássio, Fosfato monoamônico, Nitrato de cálcio, Ácido fosfórico e Ureia.

Segundo Bandyopadhyay *et al.* (2019), em suas pesquisas com aumento de produtividade do coqueiro via adubação e fertirrigada, a técnica, se bem manejada, potencializa a produção além de diminuir a utilização de fertilizantes no modo de aplicação convencional em até 25%, havendo, portanto, uma relevância significativa na utilização da fertirrigação para cultura do coqueiro. Basavaraju *et al.* (2014), por sua vez, encontrou em suas pesquisas valores semelhantes ao de Bandyopadhyay *et al.* (2019), afirmando que também houve uma diminuição de 25% de NPK aplicado via fertirrigação, em comparação ao convencional.

## 2.5 Fenologia e Produtividade

O coqueiro anão compõe um grupo de frutíferas de grande importância socioeconômica para o mundo. Encontra-se em todos os países e no Brasil encontrou clima favorável e adaptou-se bem. Entretanto, é necessário compreender sua ecofisiologia e todas suas características, isso porque para o bom desenvolvimento do coqueiro alguns aspectos são indispensáveis como pluviosidade, temperatura radiação solar e vento (PASSOS *et al.*, 2018).

As características climáticas são consideradas um diferencial, e mesmo com toda adaptabilidade algumas mudanças no cenário climático fazem com que a cultura sofra com estresse e acabe gerando alguns problemas, principalmente relacionados aos aspectos fenológicos e, conseqüentemente, produtivos (PASSOS *et al.*, 2018).

Os aspectos fenológicos considerados como desenvolvimento da planta, e suas dimensões como altura, diâmetro do coleto, números de folhas vivas e mortas, frutos por cachos e número de espatas são fatores que denominam o desenvolvimento do coqueiro (figura 09), sendo de grande importância realizar o acompanhamento, haja vista que qualquer alteração em algum desses fatores pode ser um pressuposto de ausência ou excesso hídrico e/ou nutricional, podendo refletir na produtividade (GOMES, FONTES, 2018).

Figura 09. Medida do coleto (A), altura do estipe (B).



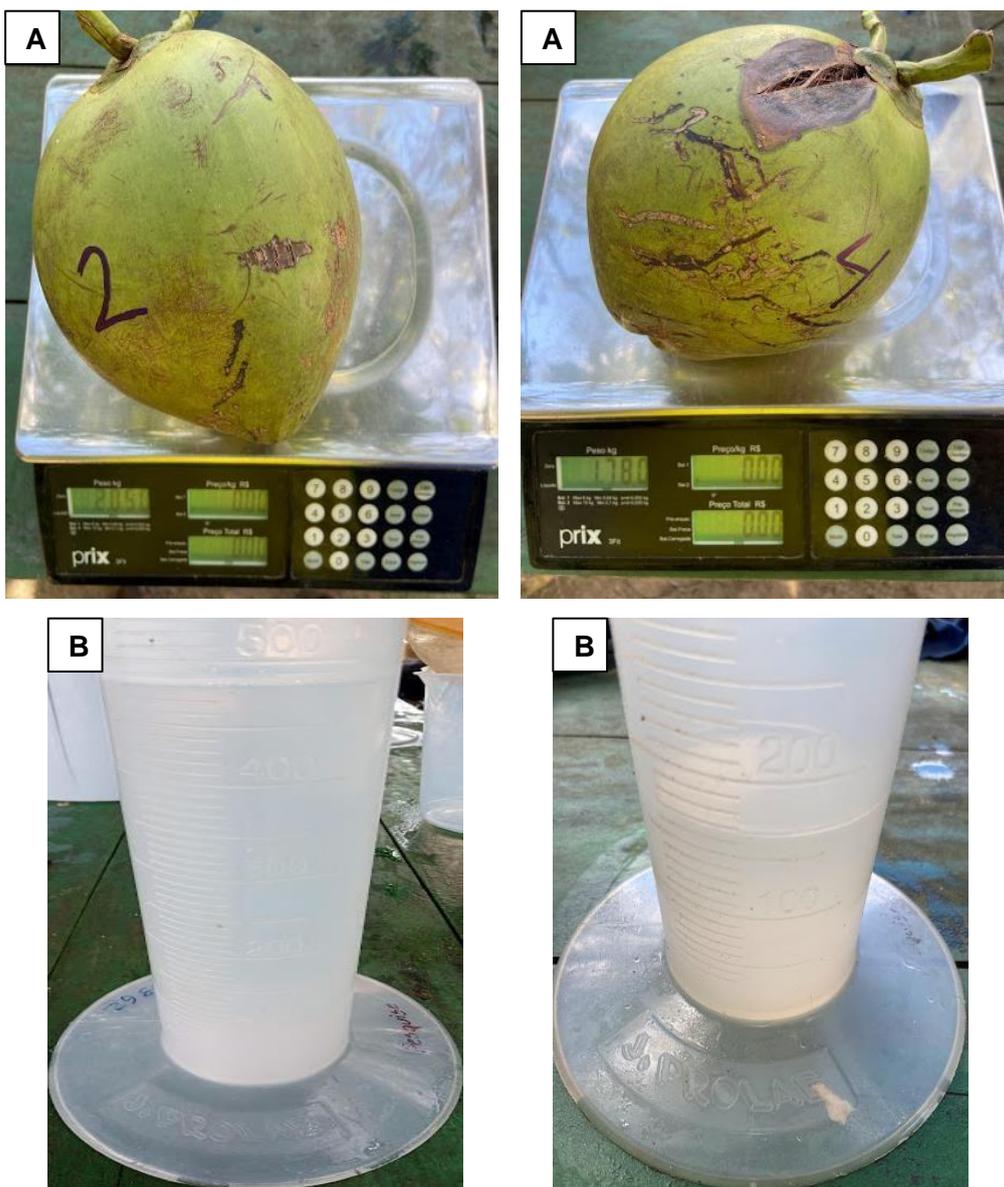
Fonte: o autor, 2023.

A produtividade está intimamente ligada ao bom funcionamento ecofisiológico da planta, logo qualquer excesso, déficit ou variações desordenadas poderá ocorrer uma baixa significativa na produtividade. Assim, as regiões que sofrem com mudanças significativas de natureza climáticas podem desencadear fatores negativos nos aspectos produtivos (ARAÚJO *et al.*, 2022).

As variações climáticas na Região Norte são bem acentuadas, tendo período de inverno e verão bem definidos, o que pressupõem a necessidade hídrica em uma época definida do ano (TESTEZLAF, 2017). A cocoicultura acaba demandando um aporte significativo de água, pois, em sua ausência demasiada e prolongada afeta diretamente sua produção.

A cultura apresenta seu ciclo produtivo de forma contínua, fornecendo frutos o ano inteiro, normalmente abrindo um cacho a cada 21 dias e esse processo acontece naturalmente junto com a abertura da inflorescência, levando em média de seis a sete meses para estar pronto para ser colhido, nesse estágio (figura 10) o fruto está com valores máximos de peso (figura A), volume de água (figura B), açúcares e grau brix, teores de frutose, assim como sais minerais especialmente o potássio, o qual atribui sabor mais característico e adocicado (ARAGÃO, 2001)

Figura 10. Avaliação de peso (A), avaliação do volume da água de coco (B).



Fonte: o autor, 2023

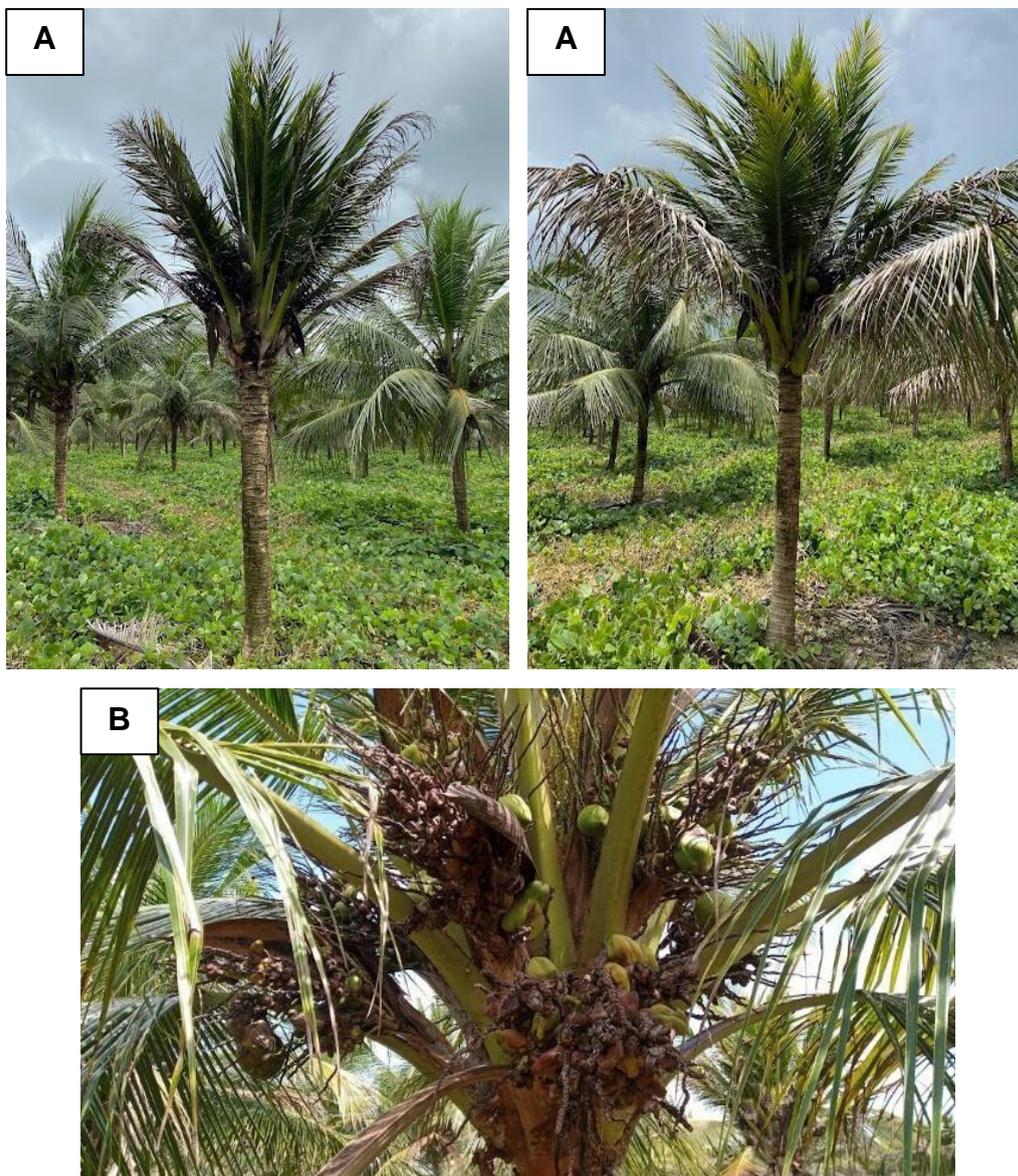
Para que seu ciclo se complete ao longo desse período existe a necessidade de diversos fatores para que o fruto se forme de modo considerável, que vai desde a fornecimento hídrico satisfatório regular, polinização, além das questões nutricionais da cultura, que devido seu ciclo contínuo acaba necessitando de uma reposição eficiente.

Mesmo com todas as adaptações, sejam climáticas e/ou de solos, a cocoicultura vêm sofrendo a alguns anos com o ataque de pragas, principalmente ácaros filófagos, o qual aparecem tanto nas folhas, quanto frutos, acometendo especialmente as monoculturas (GAMA *et al.*, 2021). Esses

problemas já vêm sendo visto a muito anos e há uma busca por soluções, tanto biológicas quanto químicas, que está afetando diretamente a produção.

Recentemente um outro grande problema vem preocupando o cenário da cadeia produtiva do coqueiro, uma doença recentemente identificada por pesquisadores chamada de “Atrofia Letal da Coroa do Coqueiro” (ALCC) (figura 11), a qual identifica-se uma queda drástica de produção em plantas acometidas por essa enfermidade (GAMA *et al.*, 2021, FERRAZ *et al.*, 2020).

Figura 11. Plantas afetadas com a “Atrofia Letal da Coroa do Coqueiro” (ALCC), encurtamento das folhas (A), diminuição drástica de frutos (B).



Fonte: o autor, 2023.

Esse problema está afetando diretamente a produção, principalmente as plantas da variedade anã verde, havendo certa sensibilidade dessa variedade para essa doença, já que a diversidade híbrida apresenta resistência significativa para essa enfermidade (FERRAZ *et al.*, 2020).

A ALCC possui características sintomáticas muito próprias, não se assemelhando a nenhuma outra doença dos diferentes grupos de doenças que acometem essa palmeira, sendo a principal e mais perigosa o “amarelecimento letal” (GURR *et al.*, 2016). Embora tenha ciência em campo sobre as implicações negativas da ALCC, não existem pesquisas confirmadas sobre a etiologia ou epidemiologia em coqueiros ou em qualquer vetor que possa transmitir a doença, dificultando assim desenvolver ações contra essa patologia (GAMA *et al.*, 2021).

## CAPÍTULO II

### 3 ARTIGO: DESEMPENHO PRODUTIVO E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA NA CULTURA DO COQUEIRO ANÃO VERDE IRRIGADO E FERTIRRIGADO NA AMAZÔNIA ORIENTAL

#### Resumo:

No Brasil, a cocoicultura é bem difundida e valorizada devido sua grande importância socioeconômica para diversas regiões. Diante dessa relevância é necessário a utilização de tecnologias, como a irrigação/fertirrigação sendo capazes de suprir suas necessidades básicas e indispensáveis. O objetivo foi avaliar o desempenho produtivo e a eficiência do uso da água da irrigação e fertirrigação no coqueiro anão verde. O experimento foi realizado na fazenda Reunidas Sococo, localizada no município de Santa Izabel, Pará, Brasil. O delineamento adotado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 3x4 com 12 tratamento em 3 blocos. Os resultados mostraram que o tratamento sem irrigação foi o que teve melhores resultados para FP e  $PROD_{FP}$  na dose 200%, já o tratamento com 100% da  $ET_c$  obteve êxito em VAC,  $PROD_{VAC}$ ,  $EUA_{FP}$  e  $EUA_{PAC}$ , na dose máxima. De forma geral, a lâmina de irrigação de 100% e dose 300% conseguiram a melhor performance, entretanto é necessário novas pesquisas com o intuito de investigar novas variáveis.

Palavras-chaves: *Cocus nucifera* L.; Irrigação; doses; produtividade; cocoicultura

#### PRODUCTIVE PERFORMANCE AND EFFICIENCY OF WATER USE IN IRRIGATED AND FERTI-IRRIGATED GREEN DWARF COCONUT FARMING IN THE EASTERN AMAZON

#### Abstract:

In Brazil, coconut farming is widespread and valued due to its great socioeconomic importance for several regions. In view of this relevance, it is necessary to use technologies, such as irrigation/fertirrigation, being able to meet their basic and indispensable needs. The objective was to evaluate the productive performance and efficiency of water use in irrigation and fertigation in green dwarf coconut trees. The experiment was carried out at the Reunidas Sococo farm, located in the municipality of Santa Izabel, Pará, Brazil. The adopted design was in randomized blocks, in a 3x4 factorial scheme with 12 treatments in 3 blocks. The results showed that the treatment without irrigation had the best results for FP and  $PROD_{FP}$  at the 200% dose, while the treatment with 100% of  $ET_c$  was successful in VAC,  $PROD_{VAC}$ ,  $EUA_{FP}$  and  $EUA_{PAC}$  at the maximum dose. In general, the irrigation depth of 100% and dose 300% achieved the best performance, however further research is needed in order to investigate new variables.

Keywords: *Cocus nucifera* L; Irrigation; doses; productivity; coconut farming.

## INTRODUÇÃO

O cultivo do coqueiro (*Cocus nucifera* L) é considerado bem difundido pelo mundo, o qual encontra-se em mais de 200 países, espalhados em praticamente todos os continentes. Adaptando-se bem, principalmente em zonas intertropicais do mundo, o qual possui cerca de 300 ecótipos com destaque para duas variedades principais, *typica* (coqueiro gigante) e a *nana* (coqueiro anão), uma com destinação para coco seco, com diversos produtos e subprodutos, e a outra destinada em sua maior parte para a indústria de envase de água de coco, respectivamente (ALVES *et al.*, 2018, BAPTISTELLA, COELHO, 2021).

Na atualidade, a maior concentração de área produtiva de coqueiro está presente em três países, Indonésia (30,1%), Filipinas (24,7%) e Índia (19,0%), totalizando 73,8% dessas áreas, com cerca de 63,6 milhões de toneladas que foram estimados para o ano de 2020. Nesse cenário, o Brasil é o quinto maior produtor mundial, com cerca de 4,5% (BRAINER, 2021).

No Brasil, a cultura do coqueiro é bem difundida e valorizada e encontra-se em todas as regiões do país, com áreas estimadas atualmente em 187,5 mil hectares, e em 2019 a produção foi mais de 1,5 milhões de toneladas (BRAINER, 2021, IBGE, 2020). Mesmo com essa adaptação, duas regiões têm destaque no cultivo, a região nordeste, a qual encontra-se a maior concentração de área colhida, com cerca de 80,9%, seguida pela Região Norte com cerca de 10,5%, e essa adaptabilidade está diretamente ligada a condições climáticas tipicamente tropicais (BRAINER, 2021, CÂMARA *et al.*, 2019).

Na busca por expansão da cultura, a Região Norte, por diversas características favoráveis como os fatores climáticas e grandes extensões de áreas, vêm crescendo e se firmando com grande potencialidade, entretanto com baixo uso de tecnologias (FRÓES JUNIOR *et al.*, 2019). Dentro da Região Norte, o Estado do Pará se destaca como maior produtor, e dentro do cenário nacional encontra-se em terceiro lugar com cerca de 12,2% da produção (IBGE, 2019).

Mesmo com todas as características favoráveis que contemplam os referidos estado e região, são necessários o monitoramento e o aporte tecnológico que consiga atuar na identificação climática e aplicação de tecnologias capazes de suprir as carências, no que tange as questões hídricas e nutricionais do coqueiro (FRÓES JUNIOR *et al.*, 2019).

Haja vista que as mudanças climáticas acabam afetando diretamente os cultivos que necessitam de grandes volumes de água, há uma demanda de grande quantidade de nutrientes para conseguir retornos produtivos satisfatório (RIBEIRO *et al.* 2016). Segundo Araújo *et al.* (2022) o coqueiro está na prateleira das plantas com elevado consumo de água, isso devido suas características fenológicas de produção em situações normais ininterrupta, produzindo flores e frutos de forma contínua, sendo essa fase a de maior demanda hídrica, logo o de maior sensibilidade a falta de água no solo

O coqueiro possui crescimento e produção contínuo, o que implica na remoção de elevada quantidade de nutrientes e água. No caso do coqueiro anão, esta remoção é ainda maior, porque sua produtividade é superior à dos genótipos de coqueiro gigante (SOBRAL, 2003). Logo, a falta ou mesmo o desequilíbrio desses fatores podem ocasionar diminuição da produtividade, seja por má formação e/ou abortamento dos frutos no decorrer do seu ciclo (ARAÚJO *et al.* 2022).

Dessa forma, a utilização de tecnologia que seja capaz de suprir as necessidades hídricas e nutricionais da planta é de suma importância para evitar a diminuição da produtividade e potencializa-la, melhorando o desempenho produtivo e qualidade da cultura (FRÓES JUNIOR *et al.*, 2019, TRIGO *et al.*, 2018). Nesse sentido, a utilização de um sistema de irrigação consegue sanar de forma eficiente os dois principais fatores para o bom desenvolvimento fisiológico e produtivo da cultura, o hídrico e o nutricional (PERRONI *et al.*, 2015).

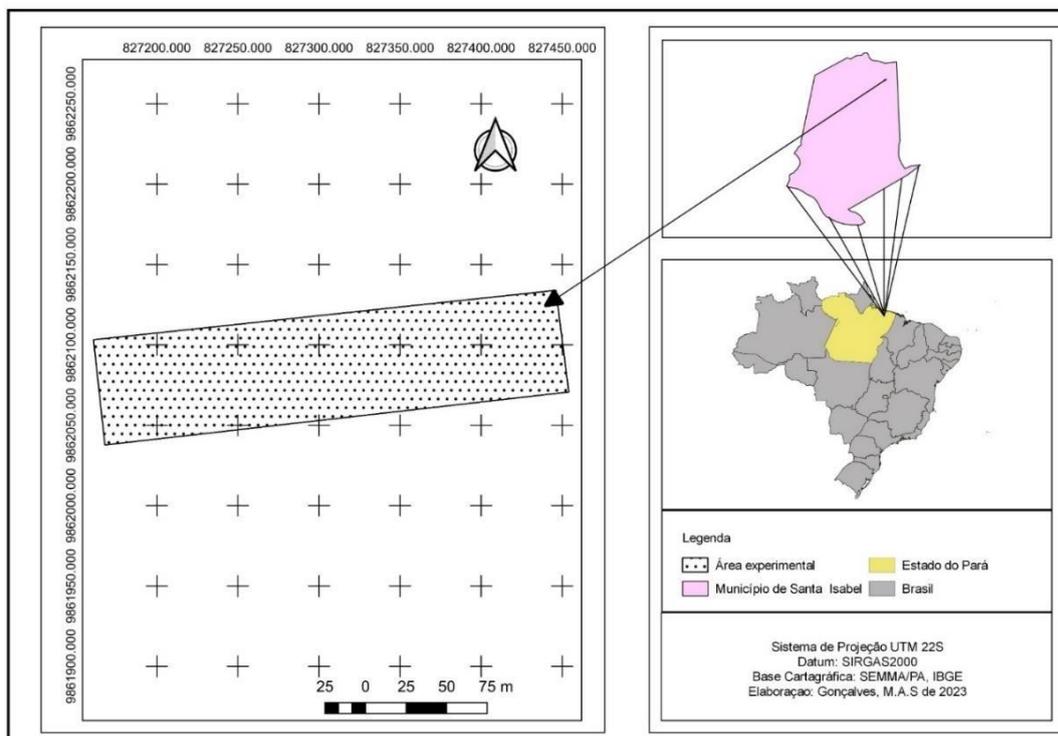
Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho produtivo e a eficiência do uso da água na cultura do coqueiro anão verde irrigado, via demanda atmosférica e fertirrigado, com diferentes doses de potássio nas condições edafoclimáticas da Amazônia Oriental.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Localização da área experimental**

O experimento foi realizado na fazenda Reunidas Sococo, localizada no município de Santa Izabel, Pará, Brasil, situado na região do nordeste paraense (figura 12). A coleta de dados se deu de janeiro a dezembro de 2022.

Figura 12. Mapa de localização do Brasil, Estado do Pará, o município de Santa Isabel e a área experimental localizado na parcela F132.



Fonte: o autor, 2023.

### Caracterização edafoclimática da região de estudo

A região apresenta clima Afi (clima tropical úmido) segundo a classificação de Köppen e Geiger (1928), com temperatura média de 26° C, e precipitação média anual variando entre 2500 a 3000 mm, em distribuição desuniforme (MEDEIROS *et al.*, 2022).

O solo da área experimental é classificado como Neossolo Quartzarênico, sendo o tipo de solo que apresenta textura arenosa ao longo do perfil e cor amarelada uniforme abaixo do horizonte A, que é ligeiramente escuro de acordo com a classificação de solos da Embrapa (2008).

Para condução do experimento foram realizadas análises dos atributos químicos e físico do solo nas profundidades de 0-20cm, 20-40cm e 0-30cm respectivamente (Tabela 2), executadas pelo laboratório de solos da Embrapa Amazônia Oriental, segundo metodologia de Métodos de Análise de Solo

(EMBRAPA, 1997), alcançadas a partir de amostras deformadas realizadas em 2022, conforme tabela a seguir.

Tabela 2. Atributos químicos do solo, nas profundidades 0 - 20 e 20 – 40 cm, e atributos físicos do solo na profundidade 0 – 30 cm, pomar comercial fazenda Reunidas Sococo, 2022.

Atributos químicos do solo	Profundidade (cm)	
	0 – 20	20 – 40
pH (CaCl <sub>2</sub> )	4,43	4,1
MO (g dm <sup>3</sup> )	8,75	3,25
H+Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	33,7	32,7
V%	35,5	18,5
CTC (mmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	52,5	40,1
P (mg dm <sup>3</sup> )	111,9	7
K (mmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	2,1	0,9
Ca (mmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	10,7	4
Mg (mmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	5,5	2,2
S (mmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	19,2	20
B (mg dm <sup>3</sup> )	0,48	0,3
Cu (mg dm <sup>3</sup> )	0,27	0,25
Fe (mg dm <sup>3</sup> )	137,5	240
Mn (mg dm <sup>3</sup> )	3,25	1,12
Zn (mg dm <sup>3</sup> )	1,55	1,65
Atributos físicos do solo	0 – 30	
Areia grossa (g kg <sup>1</sup> )	253	
Areia fina (g kg <sup>1</sup> )	441	
Silta (g kg <sup>1</sup> )	126	
Argila total (g kg <sup>1</sup> )	180	

### Adubação convencional e fertirrigação

O manejo da fertirrigação ocorreu a partir da análise de solo realizado no início do experimento, o qual contou com alguns parâmetros para seguir. A adubação foi dividida em duas etapas durante o ano, a primeira aconteceu de forma convencional, pois é realizada no primeiro semestre que conta com o período mais chuvoso do ano, logo não havendo necessidade do uso do sistema de irrigação. Nessa primeira etapa é realizado a adubação de forma convencional com 50% dos fertilizantes (Tabela 3).

A segunda etapa inicia-se com a fertirrigação, a qual é realizada no segundo semestre, conhecido como período mais seco onde é utilizado o sistema de irrigação para reposição hídrica da cultura, nesse passo acontece a adubação via água da irrigação, fornecendo os 50% restante. Importante ressaltar que o restante é fornecido de forma parcelada ao longo de 4 meses, de acordo com o início das chuvas, ocorrendo a aplicação de forma semanal durante o período citado.

Os fertilizantes utilizados foram Ureia, MAP (Mono-Amônio-Fosfato), Sulfato de magnésio (mg) e Cloreto de potássio (KCl). A recomendação de adubação foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Lins e Viégas (2008). O MAP e o Sulfato de magnésio foram aplicados de forma separadas, devido sua incompatibilidade.

A nível dos tratamentos, os fertilizantes MAP, Ureia e Sulfato de magnésio estão sendo aplicados em quantidades fixa, já o Cloreto de potássio (KCl) é o fertilizante utilizado para fazer os testes com as doses, sendo assim, delimitado em subparcelamentos dentro das aplicações, com os seguintes percentuais: 50%, 100%, 200% e 300% como descrito na tabela 3, a seguir.

Tabela 3. Doses de cloreto de potássio (KCl) aplicadas via fertirrigação e adubação convencional durante a condução do experimento.

Doses (%)	Fertirrigação mensal	Fertirrigação total	Adubação convencional	Total
	(kg planta <sup>-1</sup> )			
50	0,094	0,375	0,375	0,750
100	0,190	0,750	0,750	1,500
200	0,375	1,500	1,500	3,000
300	0,570	2,250	2,250	4,500

As aplicações foram fixadas para acontecer uma vez por semana (quinta-feira). Em casos extremos de chuva em excesso, ou algum problema extra no dia programado, foi planejado que fosse realizada na próxima aplicação com valores adicionados.

Conforme planejado de acordo com os tratamentos e a estrutura oferecida pela empresa, a solução é diluída em reservatório com capacidade para 200 litros, sendo preparada com certa antecedência, e aplicado após equilibrar a

pressão do sistema. O tempo de duração da aplicação acontece em média de 15 minutos, segundo metodologia adaptada de Frizone *et al.* (1985). O processo de fornecimento dos fertilizantes ocorreu com auxílio de bomba centrífuga do tipo injetora.

### **Variedade, tratos culturais e delineamento**

O experimento foi realizado na parcela F-132, a variedade utilizada foi a anão verde, o plantio foi realizado no ano de 2014, contando com plantas de 9 anos de idade e plantadas em triangulo com espaçamento de 7,5, com 205 plantas por hectare (Alves e Muller, 1995). A cobertura do solo visando sua proteção utiliza a Pueraria (*Pueraria lobata*), a qual contribui também para a fixação biológica de nitrogênio. Os tratos culturais são o coroamento químico, capina, corte das palhas, roçagem mecanizada, adubação e o monitoramento fitossanitário padrão estabelecido pela empresa.

Cada tratamento é constituído com fileiras duplas com 8 e 9 plantas, sendo utilizadas para fins avaliativos as plantas centrais, e descartadas nestas linhas duas plantas no início e duas no final de cada linha, logo a parcela útil conta com quatro plantas, das quais foram selecionadas uma por bloco para as observações e coleta dos dados.

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 3 x 4, com 12 tratamentos e 3 blocos, onde cada bloco representou uma repetição. Os tratamentos foram constituídos a partir da reposição de 3 frações da evapotranspiração da cultura (S/IRRG, 100%, 150%) para reposição da lâmina de água e 4 doses de potássio seguindo como padrão a recomendação de adubação utilizada pela empresa Sococo (50%, [SOC% 100%], 200%, 300%).

### **Sistema de Irrigação**

O sistema de irrigação utilizado foi por microaspersão, projetado e instalado pela Amazônia Irrigação para irrigar uma área total de 3 hectares. A captação de água foi realizada através do Rio Tauá, onde foi instalado uma caixa de proteção e pré-filtragem, com paredes duplas vazadas e seixo nº 2.

A elevação foi efetuada através de motobomba a diesel com motor MWM de 6 cilindros 300 cv, acoplado a bomba INAPE 125/2. Sucção com tubos de AZ de 6" de diâmetro, adaptador inicial, curva 90° e válvula de Pé. O recalque, com inicial de pressão com escorva de 5 x 6", registro borboleta de 6", tubo de AZ de 6", com ampliação tipo telescópio para 8", com duas curvas de 90°, que fazem o nivelamento com o solo.

Nesse ponto foi cravado uma estaca para sustentar os impactos por golpes de aríetes. Instalou-se, a frente, uma válvula de retenção metálica 8" com by pass e um adaptador especial de AZ acoplando o conjunto à rede principal de PVC, defofo de 8" de Ø. Para atravessar a área do viveiro, que antecede a área experimental, foram necessários 500m de rede defofo de 8" com cinco saídas para ramais de 4" e 3", onde foram instalados os aspersores convencionais e canhões.

A instalação do sistema de distribuição de água na área do experimento foi realizada a partir do viveiro, onde a linha principal foi reduzida para o diâmetro de 125mm e instalou-se um filtro de disco elétrico automático de retrolavagem com capacidade de 80m<sup>3</sup>/h, programada para ser acionado a cada 30 minutos ou em episódio da pressão de entrada alcançar 5 bar. Esse filtro foi instalado visando atender exclusivamente ao projeto de pesquisa.

Essa linha principal de PVC, composta por 480m de tubos soldáveis de 125mm, cruzou a área do cultivo permanente. Nela foram instaladas as válvulas de controle de fluxo automáticas de 3", em cavaletes apropriados. De cada cavalete saiu uma linha lateral "tipo telescópio" com 42 m de tubo de 4" (100mm), 78m de 3" (75mm) e 15m de 2" (50mm) de Ø. Foram inseridos microaspersores nos ramais de PLBD de 16mm, um por planta.

### **Manejo da irrigação via demanda atmosférica**

Para o manejo da irrigação foi adotado o sistema tipo localizado, utilizando microaspersores, projetado e implantado pela empresa Amazônia Irrigação. Antes de iniciar o experimento foi calculado a uniformidade de distribuição de água (CUD), resultando em uma uniformidade de 90%, importante fator hidráulico do sistema, segundo a metodologia proposta por Calgaro e Braga

(2008), e eficiência de aplicação (EA) com 85,5, utilizando a metodologia de Vermeiren & Jobling (1997). Cada planta recebeu 1 microaspersor rotativo autocompensante para irrigação, com vazão de 96 L h<sup>-1</sup>, o qual ficou posicionado a 1 metro da base do coqueiro, o sistema conta com vazão de 6.528 L h<sup>-1</sup>.

As coletas de dados da evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>) foram realizadas através de estação meteorológica automática instalada na fazenda, seguindo as recomendações da metodologia proposta por Allen *et al.* (1998), através do método da FAO Penman-Monteith (equação 1), sendo as informações repassadas pela empresa diariamente. Esse método tem adequada ligação para medir a severidade da escassez de água das palmeiras (FICKLIN *et al.*, 2015).

O manejo da irrigação está acontecendo em função da reposição hídrica a partir da relação da evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>) diária, o coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>) e a precipitação (P) diária, conforme a Equação 1 proposta por Allen *et al.* (1998):

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \left(\frac{900U_2}{T + 237}\right)(e_a - e_s)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34U_2)} \quad (1)$$

**Em que:**

ET<sub>0</sub> – evapotranspiração de referência, mm.d<sup>-1</sup>;

Δ – gradiente da curva pressão vapor vs temperatura, kPa.°C<sup>-1</sup>

R<sub>n</sub> – radiação solar líquida disponível, MJ m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>;

G – fluxo de calor no solo, MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>;

γ – constante psicrométrica, kPa °C<sup>-1</sup>;

u<sub>2</sub> – velocidade do vento a 2 m, m/s<sup>-1</sup>;

e<sub>s</sub> – pressão de saturação do vapor de água atmosférico, kPa

e<sub>a</sub> – pressão atual do vapor de água atmosférico, kPa

T<sub>a</sub> – temperatura média diária do ar, °C.

Para realização eficiente do manejo da irrigação, foram utilizados o (K<sub>c</sub>), o qual foi identificado e definido experimentalmente *in loco* e realizado a relação

com a ( $ET_0$ ), resultando na Evapotranspiração da Cultura ( $ET_c$ ), como observado na Equação 2, proposta por Allen *et al.* (1998):

$$ET_c = ET_0 * K_c \quad (2)$$

**Em que:**

$ET_c$  – Evapotranspiração da cultura, em mm;

$ET_0$  – Evapotranspiração de referência, em mm;

$K_c$  – Coeficiente da cultura, adimensional.

**Cálculo para Lâmina Líquida (LL)**

A lâmina líquida (LL) de irrigação foi estimada em função da fração da evapotranspiração da cultura em estudo (S/I, 100%, 150%), utilizando a equação 3, conforme Medeiros *et al* (2022):

$$LL = (ET_0 * K_c * F) - P \quad (3)$$

**Em que:**

LL – Lâmina líquida, em mm dia<sup>-1</sup>;

$ET_0$  – Evapotranspiração de referência diária mm dia<sup>-1</sup>;

$K_c$  – Coeficiente da cultura (1,1);

F -  $ET_c$  diária (0 = (S/I); 100% = (1); 150% = (1,5));

P – Precipitação diária mm dia<sup>-1</sup>;

Em seguida foi calculado a lâmina bruta (LB) pela equação 4, conforme Miranda e Pereira (2019):

**Calculo para Lâmina Bruta (LB)**

$$LB = \frac{LL}{Ea.CUD} \quad (4)$$

**Em que:**

LB – Lâmina bruta mm dia<sup>-1</sup>;

LL – Lâmina líquida mm dia<sup>-1</sup>;

Ea – eficiência de aplicação (85,5 %);

CUD - coeficiente de uniformidade de distribuição de água (0,9 ou 90%);

Em seguida foi calculado o tempo de irrigação (TI) pela equação 5.

### **Cálculo para Tempo de Irrigação (TI)**

O tempo de irrigação é calculado para um turno de rega fixa que foi estabelecido para dois dias, conforme Miranda e Pereira (2019):

$$T = \frac{LB.A}{e.qa} \quad (5)$$

#### **Em que:**

T – Tempo de funcionamento do sistema de irrigação em cada tratamento;

LB – Lâmina Bruta mm dia<sup>-1</sup>;

A – Área ocupada por parcela, m<sup>2</sup>; (7,5 x 7,5 x 7,5 = 48,8 x 0,60\* = 29,28)

e – Número de emissores por planta, (1 unidade);

qa – Vazão média dos emissores (96 L h<sup>-1</sup>).

### **Produtividade**

Os dados produtivos se deram a partir da escolha de 1 planta por tratamento para realizar as coletas. A planta faz parte de parcelas que contem 17 plantas em fileiras duplas, sendo escolhidas as centrais para compor cada tratamento e descartados as plantas do início e do final (bordas) de cada um. A partir das plantas selecionadas, é realizada a colheita de 3 frutos por planta do cacho no período ideal de maturação, entre 6 a 7 meses (cachos 20), período após a abertura das flores e também apresentam melhores características físico-químicas para o processamento (MACIEL *et al.*, 2009).

As coletas são realizadas mensalmente, período esse que contempla a abertura da inflorescência do coqueiro. Os frutos coletados são levados a um local específico dentro da empresa para realizar a coleta dos dados.

Os dados produtivos são com base no peso do fruto sem nenhum tipo de corte, com auxílio de uma balança, e em seguida mensurado o volume de água de coco em cada fruto, com auxílio de proveta. Para essa última avaliação é necessário o corte em uma de suas extremidades com o auxílio de terçado e em seguida, com a assistência de um furador manual de coco em aço inox, é aberto um orifício para extração da água sem que haja qualquer desperdício.

Para avaliar os dados de produção, foram empregadas as variáveis de número de frutos por planta (NF), peso médio do fruto (PF) e volume médio de água de coco do (VAC), e com intuito de avaliar a produtividade, foram utilizadas as seguintes características, frutos por hectare ( $PROD_F$ ) e volume de água de coco por hectare ( $PROD_{AC}$ ), associadas a área ocupada por planta ( $a$ ), conforme equação 6.

$$PROD = \frac{NF \text{ ou } VAC}{a} \quad (6)$$

**Em que:**

PROD – Produtividade, em frutos  $ha^{-1}$  ou mL  $ha^{-1}$

NF – Número de frutos por planta, em unidade

VAC – Volume de água de coco, em mL

a - Área ocupada pela planta, em ha.

Com o propósito de avaliar a eficiência do uso da água da irrigação (EUA), ocorreu a partir da relação da produtividade com as lâminas de irrigação aplicadas ( $Li$ ), e fator de correção, através da equação 7, conforme Andrade *et al.* (2023).

$$EUA = \frac{NFP \text{ ou } VAC}{Li.f} \quad (7)$$

**Em que:**

EUA – Eficiência do Uso da Água, em frutos  $m^{-3}$  ou mL  $m^{-3}$

NFP – Número de Frutos por Planta

VAC – Volume de água de coco, em mL

$Li$  – Lâmina de irrigação aplicada, em mm

f – Fator de correção

As amostras foram submetidas à análise de variância e as médias, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Tukey a 1% e 5% de probabilidade no software R (R Core Team, 2016).

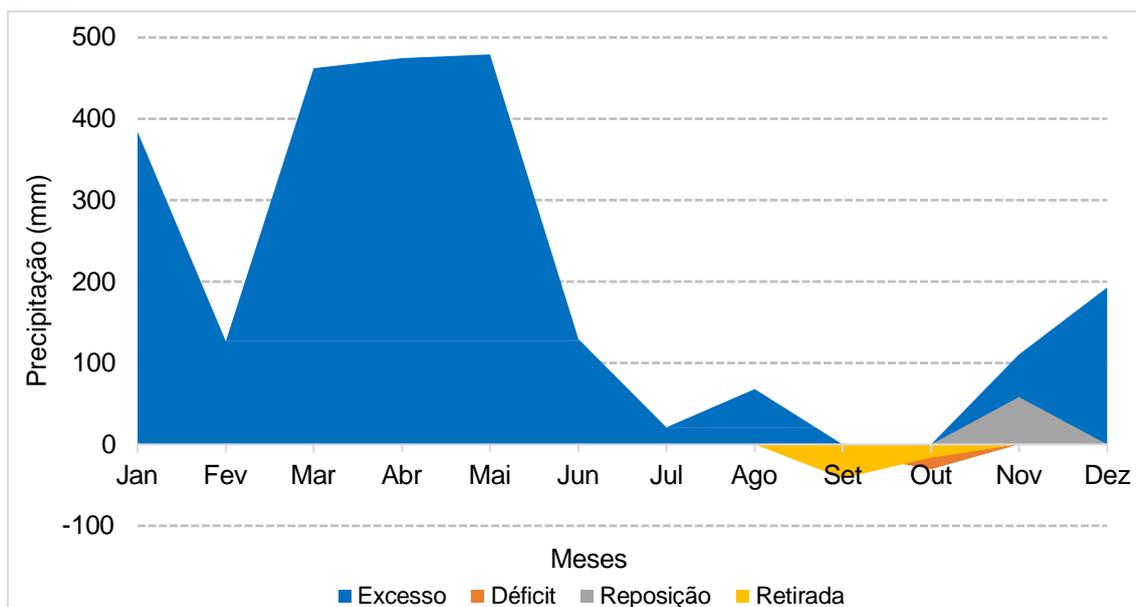
## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **Fatores climáticos**

O balanço hídrico é ferramenta indispensável no entendimento das tomadas de decisões no que tange os fatores climáticos, isso porque auxilia no manejo adequado e preciso da irrigação, fazendo com que haja uma identificação dos pontos de estrangulação do sistema, sejam por excesso e/ou déficit, auxiliando, portanto, no planejamento de fornecimento hídrico para as culturas agrícolas e resolvendo problemas nessa linha (Mavi & Tupper, 2004).

Nesse sentido, de acordo com os dados climáticos da empresa, foram gerados gráficos (Figuras 13 e 14) que mostram os principais pontos de relevância no que tange as questões climáticas e o fornecimento hídrico na fazenda.

Figura 13. Extrato balanço hídrico mensal para o período de janeiro a dezembro de 2022.



Fonte: o autor, 2023

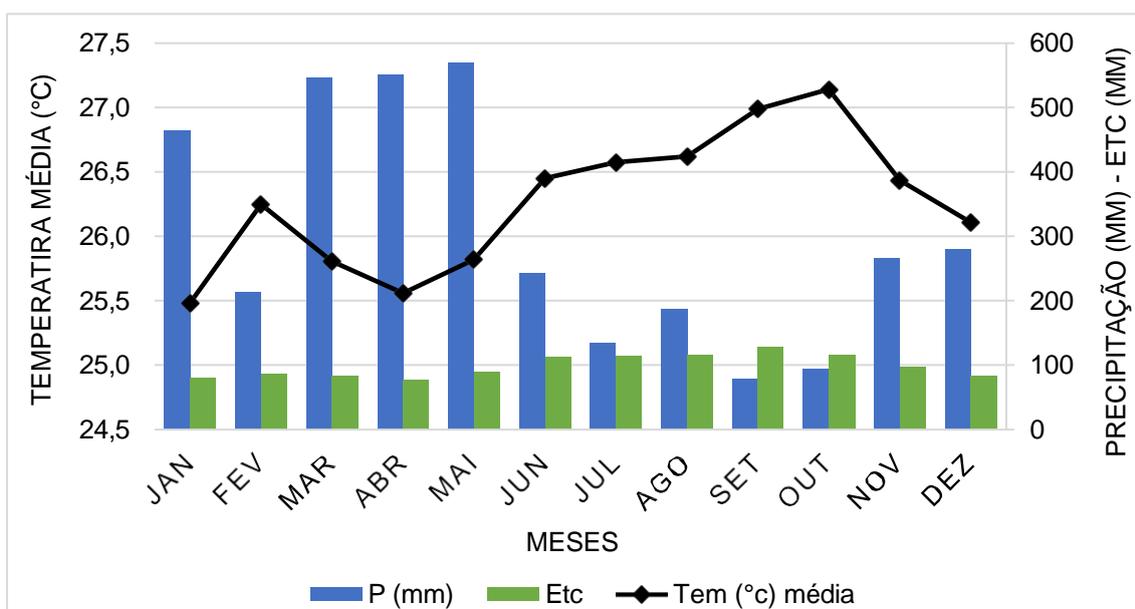
Pode-se observar na figura 13 que há um período de alta precipitação bem definida, o qual corresponde aos meses de janeiro a maio, em junho inicia uma diminuição significativa, sendo continua e ainda mais expressiva até meados de dezembro. Dentro desse período menos chuvoso destaca-se os meses de setembro e outubro, havendo a necessidade de reposição hídrica considerada, devido ao déficit da entrada de água através da chuva.

Pizane (2017) em suas pesquisas afirma que essa distribuição não uniforme, sem uso da irrigação, acaba prejudicando o desenvolvimento das culturas agrícolas, principalmente aquelas que tem seu ciclo de frutificação anual, ou seja, não param de produzir, como é o caso da cultura do coqueiro. Mesmo a Região Norte havendo um índice pluviométrico alto, existe essa falta de uniformidade de distribuição ao longo do ano.

Segundo Benassi *et al.* (2014) a precipitação com variações de 1.500 a 2.500 mm durante o ano é considerada excelente para o bom desenvolvimento do coqueiro, e afirma também que nenhum dos meses poderá ter precipitação inferior a 130 mm, havendo uma quebra na produtividade, e inferior a 50 mm causando sérios problemas que podem, inclusive, ir se prolongando até a perda total da produção e da planta Alves e Muller (1995).

Os valores de precipitação encontrados (figura 14) foram inferiores ao citado por Benassi *et al.* (2014) no que tange a diminuição da produtividade, com valores de 77,6 e 94 mm nos meses de setembro e outubro respectivamente. Os dois meses com menor precipitação são também os meses com maiores temperaturas, 27 e 27,1 °c respectivamente, o que consequentemente torna o período com maior taxa de evapotranspiração da cultura (ETc), havendo uma relação diretamente proporcional entre as variáveis de maior temperatura, maior o percentual da evapotranspiração, menor temperatura, menor percentual de evapotranspiração (SILVA *et al.* 2017), como podemos observar na figura 14 a seguir.

Figura 14. Gráfico comparativo da precipitação (P) (mm), evapotranspiração da cultura (ETc) (mm) e temperatura média (°c) no período de janeiro a dezembro de 2022.



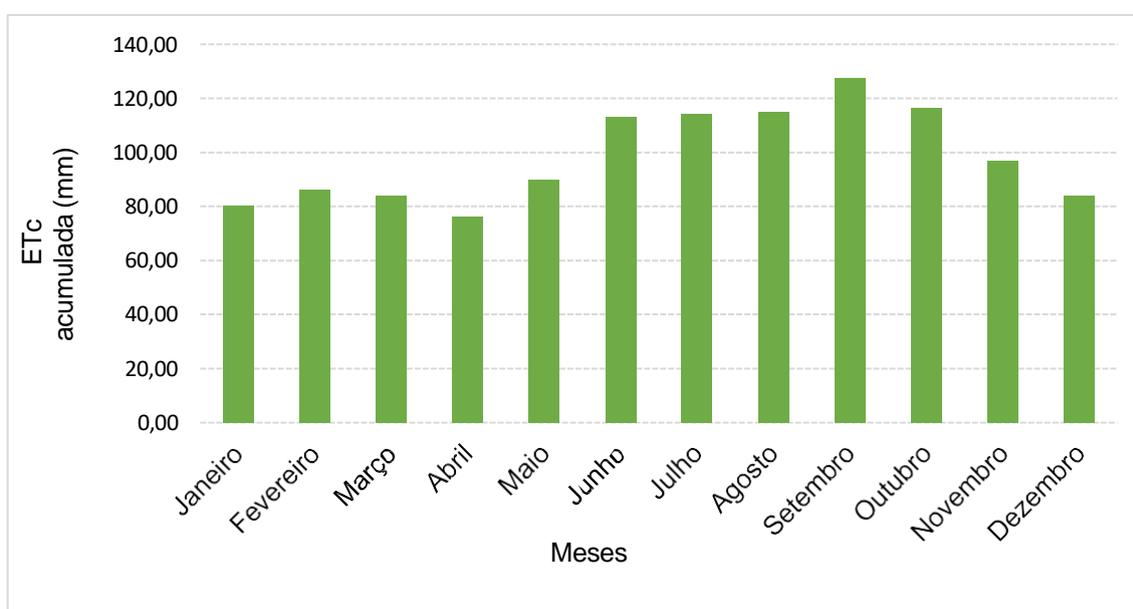
Fonte: o autor, 2023

Essa elevada temperatura influencia diretamente nas questões fisiológicas da cultura quando, em ocasiões de tempos secos e quentes, existe a tendência natural de fechamento dos estômatos e redução da transpiração, mesmo o solo em capacidade de campo (CARR, 2011, GONÇALVES *et al.*, 2010), que pode afetar de alguma forma as atividades fotossintéticas (SILVA *et al.*, 2017).

A evapotranspiração da cultura durante o período de janeiro a dezembro de 2022 (figura 15) acompanhou logicamente a oscilação das chuvas, dividindo-

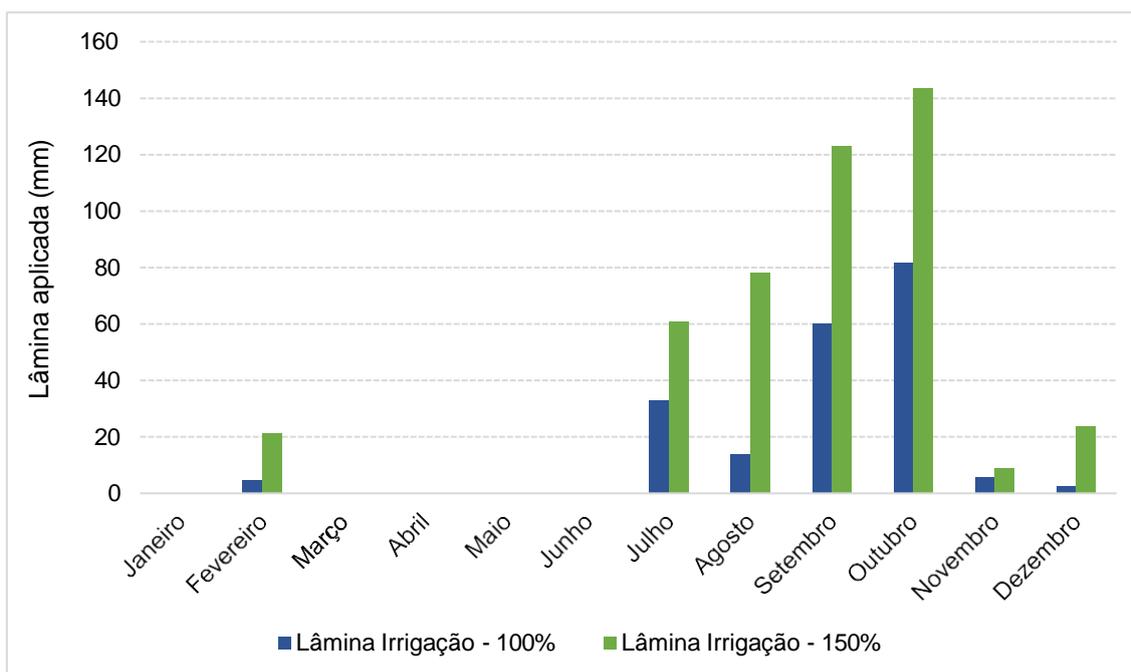
se em dois momentos distintos: de novembro a maio, com valores máximo e mínimo, onde o máximo correspondeu a 96,88mm em novembro e o mínimo a 76,24mm em abril. Já o outro período com valores superiores, onde o máximo foi de 127,78mm em setembro e o mínimo de 113,10mm em junho, são dados próximos aos encontrados por Medeiros *et al.* (2023). Havendo um acúmulo da evapotranspiração da cultura de 1.184mm ano, valores próximos do encontrado por Souza *et al.* (2011) em suas pesquisas com cerca de 1.263,3 mm de ETc.

Figura 15. Acúmulo mensal da evapotranspiração da cultura no período de janeiro a dezembro de 2022.



Nesse sentido, na busca pela reposição hídrica da cultura, os maiores valores de lâminas aplicadas foram no tratamento de 150% da reposição da ETc com 122,89mm e 145,55mm nos meses de setembro e outubro, respectivamente. Já na aplicação do tratamento de 100% da reposição da ETc os maiores valores foram encontrados também nos mesmos meses com 59,96mm e 81,76mm, observando que os maiores valores aplicados foram nos meses de menor precipitação, logo com maior ETc. Já os meses de janeiro, março, abril, maio e junho não houve reposição, como podemos observar na figura 16 a seguir.

Figura 16. Lâminas de irrigação aplicadas no período de janeiro a dezembro de 2022 com 100% e 150% da reposição da ETc.



Devido a essa falta de uniformidade o uso da irrigação faz total diferença, tanto com relação ao desenvolvimento fisiológico quanto produtivo. Nesse sentido, dentro dos meses que são considerados menos chuvoso, houve um aporte na reposição hídrica significativa, particularmente nos meses de setembro e outubro, como observamos.

Essas variações climáticas sem uso da irrigação acabam trazendo alguns incertezas e preocupações, pois algumas culturas, no que diz respeito as palmeiras e em específico ao caso do coqueiro, requer um aporte significativo de água para equilibrar e potencializar sua produção (SEYEDABADI *et al.*, 2019).

Através dos dados coletados durante a pesquisa, observou-se que houve interação significativa entre os fatores de porcentagens de fertirrigação (FB) e as porcentagens de lâminas de irrigação via ETc (FA), para todos as variáveis pesquisadas, conforme tabela 4 a seguir.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para número de frutos (NF), peso do fruto (PF), volume de água de coco (VAC), produtividade de frutos ( $PROD_F$ ), produtividade de água de coco ( $PROD_{AC}$ ), eficiência do uso da água produtividade de frutos ( $EUA_{PF}$ ) e eficiência do uso da água para produtividade de água de coco ( $EUA_{PAC}$ ) em função das porcentagens de fertirrigação (FB) e lâminas de irrigação (FA).

Fator de variação	GL	Fatores analisados						
		NF unidade	PF Kg fruto <sup>-1</sup>	VAC mL frutos <sup>-1</sup>	$PROD_F$ frutos ha <sup>-1</sup>	$PROD_{AC}$ mL ha <sup>-1</sup>	$EUA_{PF}$ frutos m <sup>3</sup>	$EUA_{PAC}$ mL m <sup>3</sup>
Bloco	2	0.62 <sup>ns</sup>	4.53 <sup>**</sup>	2.75 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	2.75 <sup>ns</sup>	2.31 <sup>ns</sup>	0.5 <sup>ns</sup>
FA	2	6.45 <sup>**</sup>	20.22 <sup>**</sup>	11.93 <sup>ns</sup>	6.48 <sup>**</sup>	11.93 <sup>ns</sup>	360.7 <sup>**</sup>	4510.2 <sup>**</sup>
FB	3	5.06 <sup>**</sup>	12.36 <sup>**</sup>	47.17 <sup>**</sup>	5.08 <sup>**</sup>	47.17 <sup>**</sup>	7.57 <sup>**</sup>	13.7 <sup>**</sup>
FA*FB	6	27.42 <sup>**</sup>	15.03 <sup>**</sup>	7.94 <sup>**</sup>	27.43 <sup>**</sup>	7.94 <sup>**</sup>	13.72 <sup>**</sup>	8.8 <sup>**</sup>
Resíduo	22							
Total	35							
CV		14,91%	2.54%	3.20%	14,88%	3.2%	16.49%	5.43%

\*\* significativo a  $p < 0,01$ ; \* significativo a  $p > 0,05$ ; <sup>ns</sup>: não significativo.

## Produção

### Número de frutos (NF)

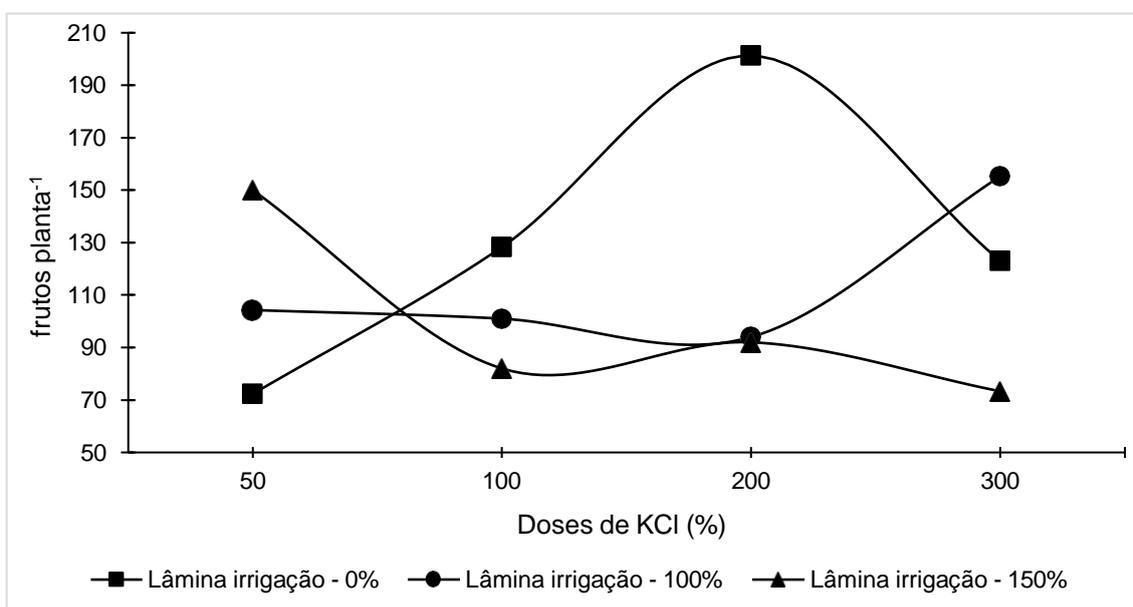
Para o fator número de frutos planta<sup>-1</sup> foi observado efeito estatístico significativo ( $p < 0,01$ ) entre o FA e o FB, para todas as variáveis (figura 17). O teste sem irrigação (0%) teve interação no ponto de 200% KCl, com produtividade média máxima de 201,3 frutos planta<sup>-1</sup>, valor significativamente bom, não observado crescimento linear com o aumento das doses e sim uma diminuição (figura 18-A). A lâmina 100% trouxe resposta com interação significativa na dosagem de 300%, entretanto sua produtividade média foi inferior 22,85%, em relação à anterior (figura 18-B). Para a lâmina de irrigação de 150%, a interação ocorreu na dose de 50% de KCl, com produtividade média de 178,1 frutos planta<sup>-1</sup>, superior 12,8% em relação à anterior, e inferior 11,5% em comparação a lâmina sem irrigação, demonstrando um crescimento quadrático na sequência da curva, não havendo aumento de produtividade com o aumento das doses (figura 18-C).

Os resultados encontrados são semelhantes aos descobertos por Araújo *et al.* (2022) em suas pesquisas de Irrigação com déficit sustentado na produtividade e na qualidade da água do fruto do coqueiro verde anão, em um pomar comercial localizado no município de Camocim, Ceará, o qual foi de 109 frutos planta<sup>-1</sup>, com reposição hídrica da  $ET_c$  de 56%, para 145 frutos planta<sup>-1</sup>,

quando a reposição da lâmina subiu para 131%, um aumento de 75% da lâmina de reposição da ETc, que gerou um acréscimo de 36 frutos, valor próximo ao encontrado na lâmina 150%, com a dose de 50% de KCl.

Estudos realizados por Miranda *et al* (2007) com Evapotranspiração e coeficientes de cultivo do coqueiro anão-verde na região litorânea do Ceará, apontou valores semelhantes aos encontrados nesta pesquisa, com média de produção de 193 frutos planta<sup>-1</sup>, irrigado via ETc, foram próximos dos 201,3 frutos planta<sup>-1</sup> encontrados no tratamento sem irrigação, na dose 200% de KCl, valor superior ao encontrado por Pires *et al.* (2004), com produtividade de 134 frutos planta<sup>-1</sup> com a variedade do coqueiro anão. Segundo Cuenca & Siqueira (2003) essa produtividade é considerada boa para essa variedade, sob condições de irrigação e bom manejo, e citam que a média é de 90 frutos planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, após cinco anos da implantação. Segundo Malavolta (2006) o fornecimento de KCl influencia diretamente no aumento de produção.

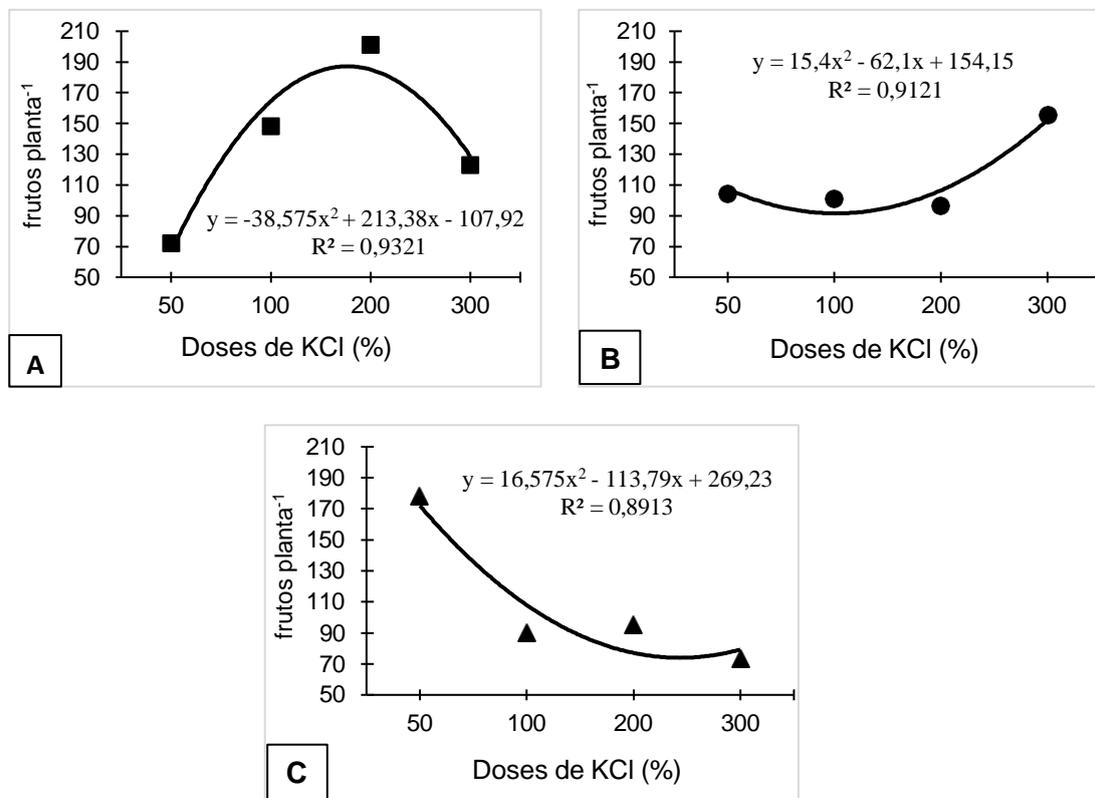
Figura 17. Produção frutos planta<sup>-1</sup> em função de doses de KCl (50%, 100%, 200% e 300%) e lâminas de irrigação (0%, 100% e 150%).



Todos os testes realizados tiveram comportamentos diferentes e pontos de máxima produtividade em pontos distintos das doses testadas, entretanto o teste sem irrigação demonstrou no quesito produtividade de frutos planta<sup>-1</sup> no ano de 2022 o resultado com maior produtividade, atingindo a média de 201,3

frutos na dose 200% (figura 18-A), 23,2 frutos a mais que o seguinte com maior produtividade.

Figura 18. Relação fruto planta<sup>-1</sup> em função de doses de KCl (50%, 100%, 200% e 300%) e lâminas de irrigação (0% (A), 100% (B) e 150% (C)).



#### Peso de frutos (PF)

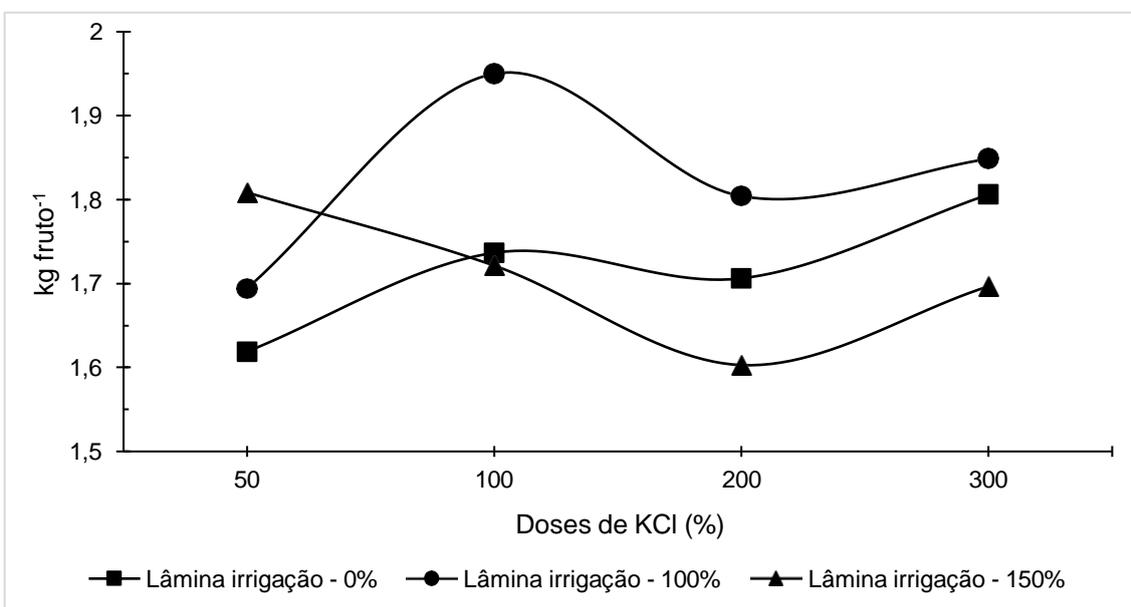
Para o fator peso do fruto (PF) foi observado efeito estatístico significativo ( $p < 0,01$ ) entre o FA e o FB, para os todas as variáveis (figura 19). Para o teste sem irrigação (0%) a interação aconteceu na dosagem 300%, havendo comportamento linear de crescimento, atingindo peso médio máximo de 1,806 kg planta<sup>-1</sup>, logo demonstrando aumento do peso em função do aumento das doses de KCl (figura 20-A). Para os testes com reposição de 100% da ET<sub>c</sub>, a interação ocorreu na dose 100% de KCl, assim, 8% maior que a anterior, mas demonstra que o aumento da dose nessa configuração não haverá ganho de peso dos frutos, e sim diminuição (figura 20-B), sendo a interação com maior peso apresentado nesta pesquisa. Já o teste com reposição da ET<sub>c</sub> em 150%, teve interação significativa na dose de 50%, que representa 8% menor que o

anterior e valor semelhante ao sem irrigação, provando que o aumento das doses não contribui para o aumento do peso do fruto (figura 20-C).

Carneiro *et al.* (2018), em sua pesquisa com produção e qualidade de frutos de manga cv. Tommy atkins fertirrigado com cloreto de potássio no semi-árido, corrobora que o KCl possibilita frutos com maiores pesos. Essa característica atribuída ao nutriente pode ser explicada pelo desempenho ideal do potássio nas atividades metabólicas referentes ao transporte de carboidratos, síntese e água para os frutos, transpiração, entre outros, beneficiando com isso o ganho de peso (TAIZ, ZEIGER, 2009, RÖMHELD, KIRBY, 2010).

Resultados diferentes dos encontrados por Medeiros (2023), em suas pesquisas com produtividade e eficiência do uso da água do coqueiro anão verde sob diferentes lâminas de irrigação na região nordeste paraense, com maiores valores médios de peso com 2,32 e 2,35 kg planta<sup>-1</sup> ocorreu com reposição de lâmina de 150% e 200% com dose de 300% (7,5 kg) de KCl, com crescimento linear com o aumento das doses.

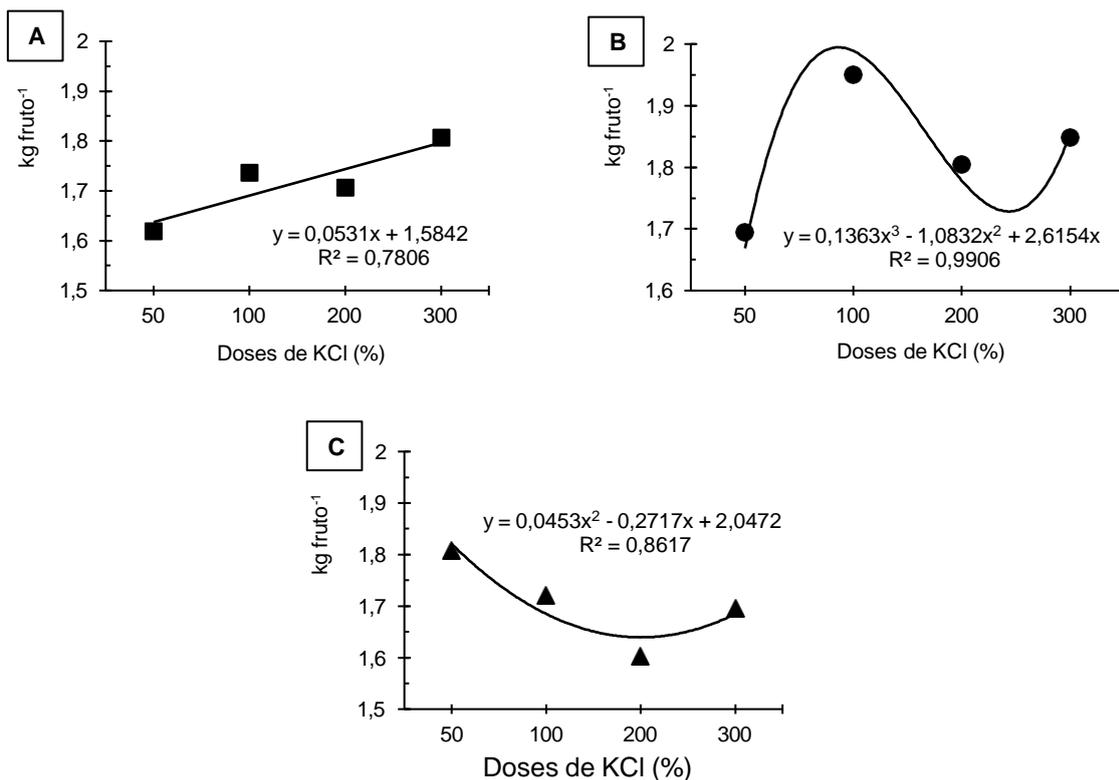
Figura 19. Peso médio de frutos em função de doses de KCl (50%, 100%, 200% e 300%) e lâminas de irrigação (0%, 100% e 150%).



Os testes para variável peso tiveram comportamentos diferentes, não seguindo um padrão linear de crescimento, havendo uma diferenciação tanto entre as doses, quanto entre lâminas. O resultado expresso nessa pesquisa

mostra o maior valor médio de peso  $\text{kg fruto}^{-1}$  na dose 100% de KCl, juntamente com a lâmina de reposição de 100% da ETc, com peso médio máximo de 1,950  $\text{kg planta}^{-1}$ , superior 0,142  $\text{kg planta}^{-1}$  dos demais teste, como podemos observar na figura 20-B, a seguir.

Figura 20. Peso médio de frutos em função de doses de KCl (50%, 100%, 200% e 300%) e lâminas de irrigação (0% (A), 100% (B) e 150% (C)).



#### *Volume de água de coco (VAC)*

Para o fator volume de água (VAC) foi observado efeito estatístico significativo ( $p < 0,01$ ) entre o FA e o FB, para os todas as variáveis (figura 21). O teste sem irrigação (0%) ocorreu interação entre os fatores na dose 300%, com volume médio de 290  $\text{mL planta}^{-1}$  (figura 22-A), havendo um crescimento linear, que pressupõem um aumento de volume a cada aumento da dose. Para os testes com reposição hídrica com 100% da ETc, a interação ocorreu também no ponto máximo da dose, com volume de 291  $\text{mL planta}^{-1}$  (figura 22-B), percentual próximo ao encontrado no teste anterior, havendo também um crescimento

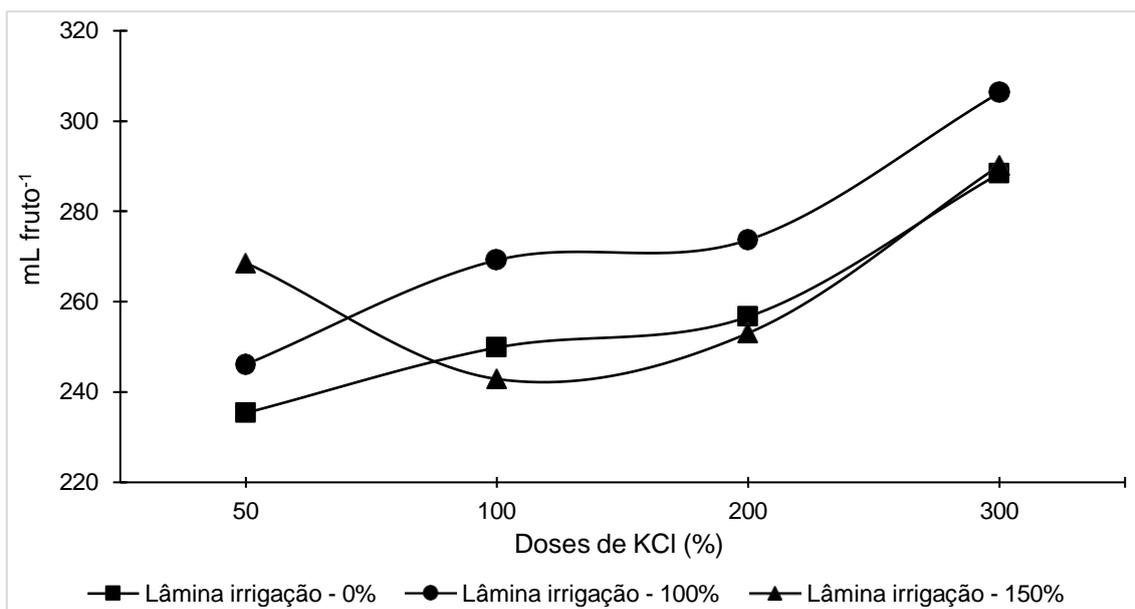
linear. E para a reposição 150% da ETc a interação ocorreu no ponto 300%, com volume médio superior 2,7% dos testes anteriores com 298,2 mL planta<sup>-1</sup> (figura 22-C), também com crescimento linear.

Dentro dos testes foi possível observar que a dose de maior resposta que interagiu com todas as lâminas aplicadas foi de 300%, todas com crescimento linear, afirmando que independente da lâmina aplicada todas possuem a tendência de aumento do volume de água de coco se aumentado a dose de KCl, resultado parecidos com Cintra *et al.* (2009) em Neópolis, SE, e Medeiros (2022) em Santa Isabel, PA, que contribuem com resultados encontrados nesta pesquisa, pois quando há um maior fornecimento hídrico para cultura, há um aumento linear do volume de água de coco, como aconteceu na aplicação de 150%, além do comportamento linear associado ao KCl, o qual teve aumento relevante em sua maior dose, e segundo Pereira *et al.* (2021) esse aumento de volume está intimamente ligada ao aumento da dose desse fertilizante.

Silva *et al.* (2013) cita em suas pesquisas que o volume de água de coco pode ser influenciado pela maturação do fruto, sendo mais vantajoso em termos quantitativos a colheita do fruto ainda imaturo, mesma resposta encontrada por Jackson *et al.* (2004), e que além do estágio de maturação, a cultura influencia diretamente nessa variável de volume de água de coco.

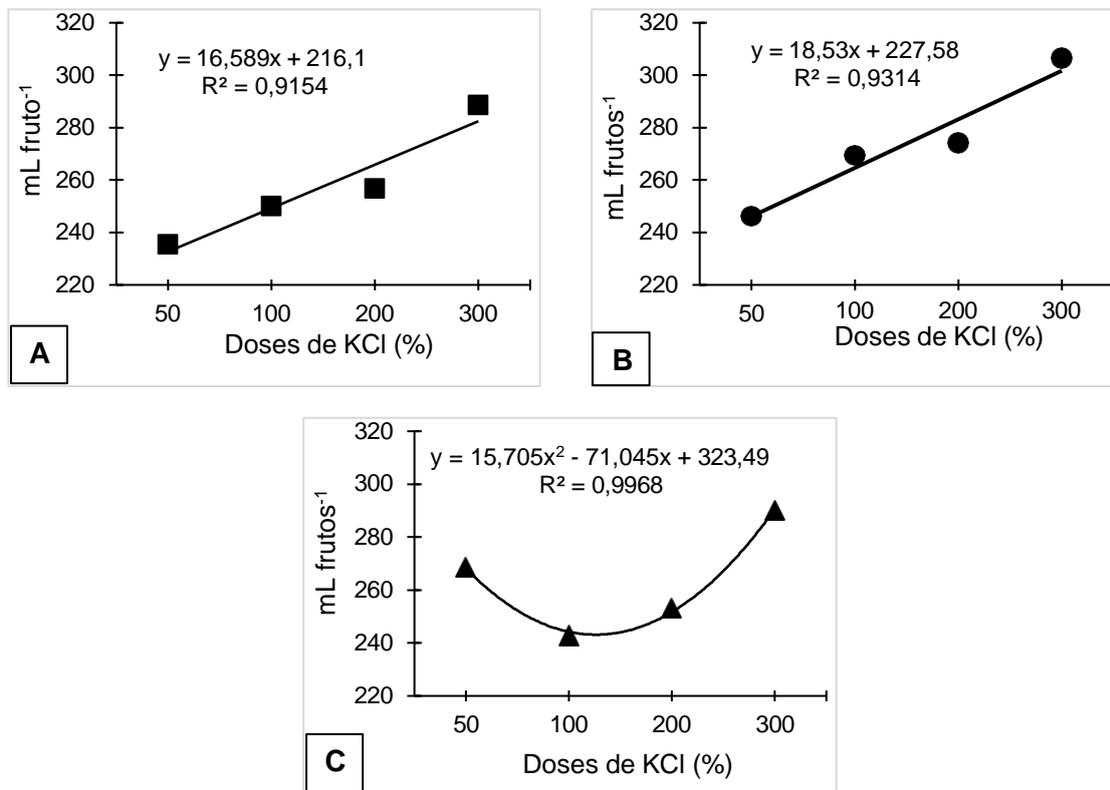
Maciel *et al.* (2009) em sua pesquisa com caracterização física dos frutos de cultivares de coqueiro anão em diferentes estádios de desenvolvimento, em Parnaíba, PI, encontrou valores próximos de 288,8 mL planta<sup>-1</sup>, valor semelhante ao encontrado por Silva (2006) em sua pesquisa com coqueiro anão. Vale ressaltar que os frutos coletados para essa pesquisa foram colhidos com média de 210 dias após a polinização, cerca de 7 meses, com pomar destinado principalmente para o envase.

Figura 21. Relação mL fruto<sup>-1</sup> em função de doses de KCl (50%, 100%, 200% e 300%) e lâminas de irrigação (0%, 100% e 150%).



Todas as variáveis tiveram com portamento semelhante, atingindo o volume máximo no ponto 300%, com crescimento linear em ambas as linhas, sem diferenças expressivas entre as doses, as quais seguiram a sequência de 290,1, 291 e 298,2 para as lâminas de 0%, 100% e 150%, respectivamente. Havendo nesse caso a necessidade de entender todos os aspectos econômicos favoráveis de custo de operacionalização do sistema, a variável resposta que trouxe maior benefício foi o teste com a lâmina 150%, entretanto com diferença relativamente baixa dos demais resultados.

Figura 22. Relação mL fruto<sup>-1</sup> em função de doses de KCl (50%, 100%, 200% e 300%) e lâminas de irrigação (0% (A), 100% (B) e 150% (C)).



## Produtividade (PROD)

### *Produtividade de frutos (PROD<sub>F</sub>)*

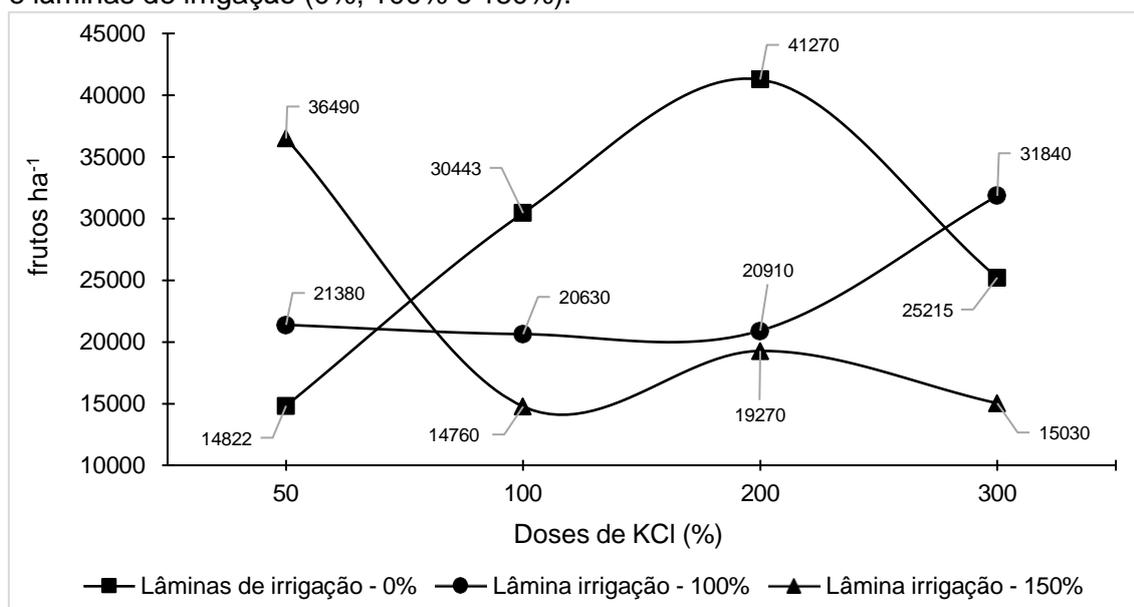
A produtividade de frutos (PROD<sub>F</sub>) foi relacionada com a área em hectares (ha) ocupada por planta, essa variável é importante para dimensionar a proporção para outras áreas, e assim ter o quantitativo médio de frutos ha<sup>-1</sup>. Foi observado que o resultado seguiu logicamente o de frutos planta<sup>-1</sup>, apresentado no início deste manuscrito. A produtividade de frutos ha<sup>-1</sup> apresentou resultado significativo no teste sem irrigação, e na dose 200% com cerca de 41.270 frutos ha<sup>-1</sup> (figura 24-A), valor que representa 22,8% (figura 24-B) e 11,5 (figura 24-C) acima do encontrado no ponto máximo da lâmina de 100% e 150% respectivamente, com cerca de 4.780 e 9.430 frutos ha<sup>-1</sup>, como podemos observar na figura 23, a seguir.

Resultados superiores aos encontrados por Medeiros (2023), em sua pesquisa com produtividade e eficiência do uso da água do coqueiro anão verde sob diferentes lâminas de irrigação, com produtividade média de 25.010 e 26.035

frutos  $\text{ha}^{-1}$ , utilizando lâminas de irrigação de 100% e 150% da evapotranspiração de referência. A mesma autora continua, que a utilização de sistema de irrigação bem manejado e fazendo uso da adubação potássica via fertirrigação para a referida cultura influenciaram o aumento de produção de frutos, assim com a produtividade, divergindo dos encontrado nesta pesquisa, o qual o tratamento sem irrigação teve os melhores resultados.

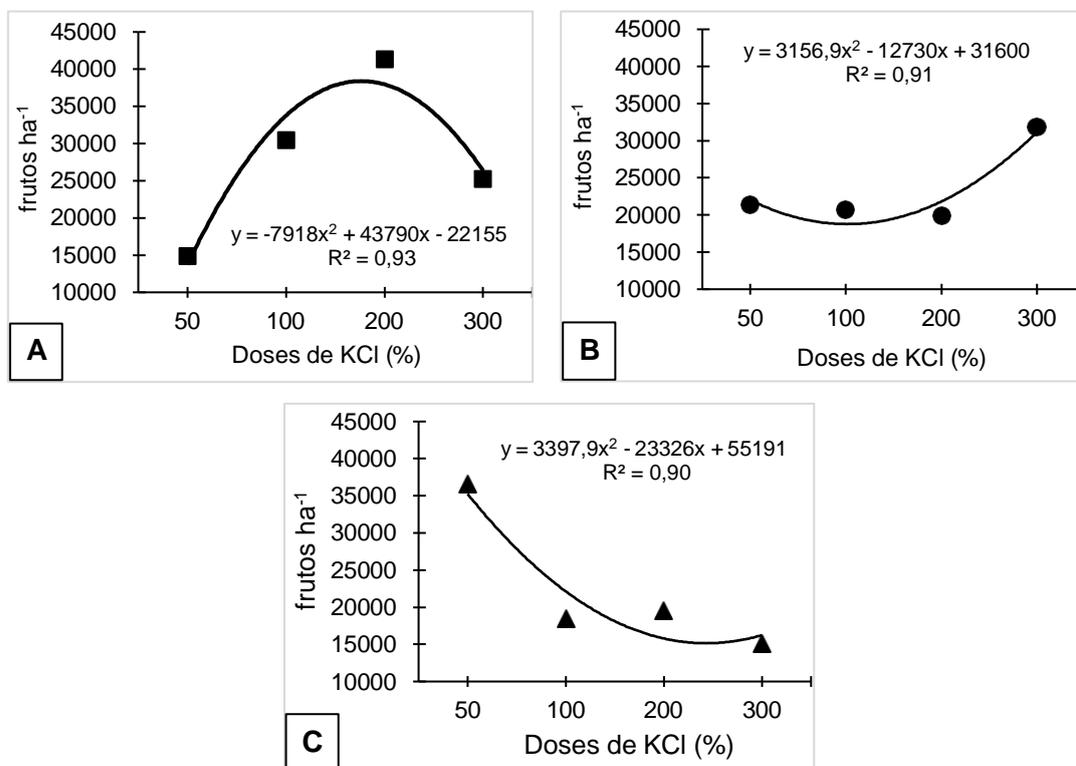
Estudos desenvolvidos por Miranda *et al* (2019) mostram valores abaixo dos encontrados nesta pesquisa, utilizando duas propriedades distinta, encontrou valores de produtividade média de 28.495 e 34.030 frutos  $\text{ha}^{-1}$ , em cada propriedade, sendo 30,9% e 17,5% menor que o máximo encontrado nesta pesquisa, utilizando a lâmina 0%, sem irrigação.

Figura 23. Relação frutos  $\text{ha}^{-1}$  em função de doses de KCl (50%, 100%, 200% e 300%) e lâminas de irrigação (0%, 100% e 150%).



As variáveis apresentaram comportamentos distintos exibindo maior média de produtividade de frutos  $\text{ha}^{-1}$  no teste realizado com a lâmina 0%, sem irrigação, na dose de 200% com valores de 41.216 frutos  $\text{ha}^{-1}$ , como podemos observar na figura 23, apresentando valor considerado bom para as médias discutidas nesta pesquisa.

Figura 24. Relação frutos  $\text{ha}^{-1}$  em função de doses de KCl (50%, 100%, 200% e 300%) e lâminas de irrigação (0% (A), 100% (B) e 150% (C)).



#### Produtividade de água de coco ( $PROD_{AC}$ )

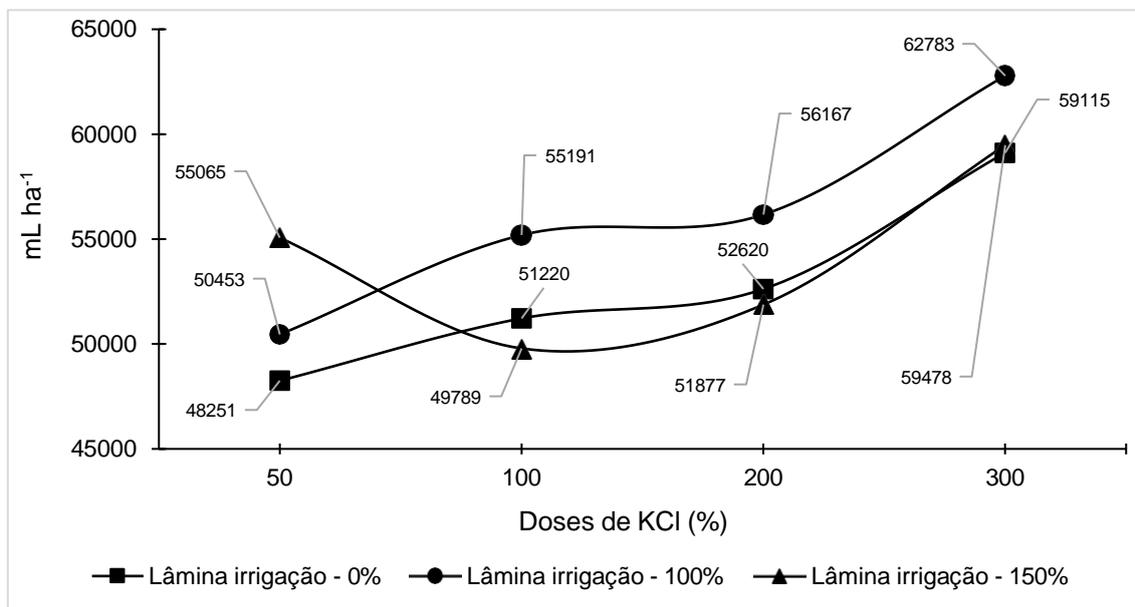
A produtividade de água de coco ( $PROD_{AC}$ ), é uma das variáveis mais importantes para aqueles que direcionam o produto (água) para indústria de envase, no caso de grandes empresas. A variável foi obtida através da relação entre volume médio de frutos, com a área ocupada por cada planta em hectare, resultando na unidade  $\text{mL ha}^{-1}$ . A produtividade de volume apresentou resultado significativo na lâmina 100%, na dose 300% com  $62.783 \text{ mL ha}^{-1}$ , superior 2,7% dos demais, conforme figura 25.

Os resultados encontrados na pesquisa foram semelhantes ao encontrados por Cintra *et al* (2009) em suas avaliações com produção do coqueiro, verificaram que as principais variáveis da cultura do coqueiro que são a produção de frutos e volume de água de coco aumentam linearmente com o

aumento do fornecimento hídrico via lâminas de irrigação. Entretanto, a lâmina 100% da ETc nesta pesquisa foi bem superior as demais, como podemos

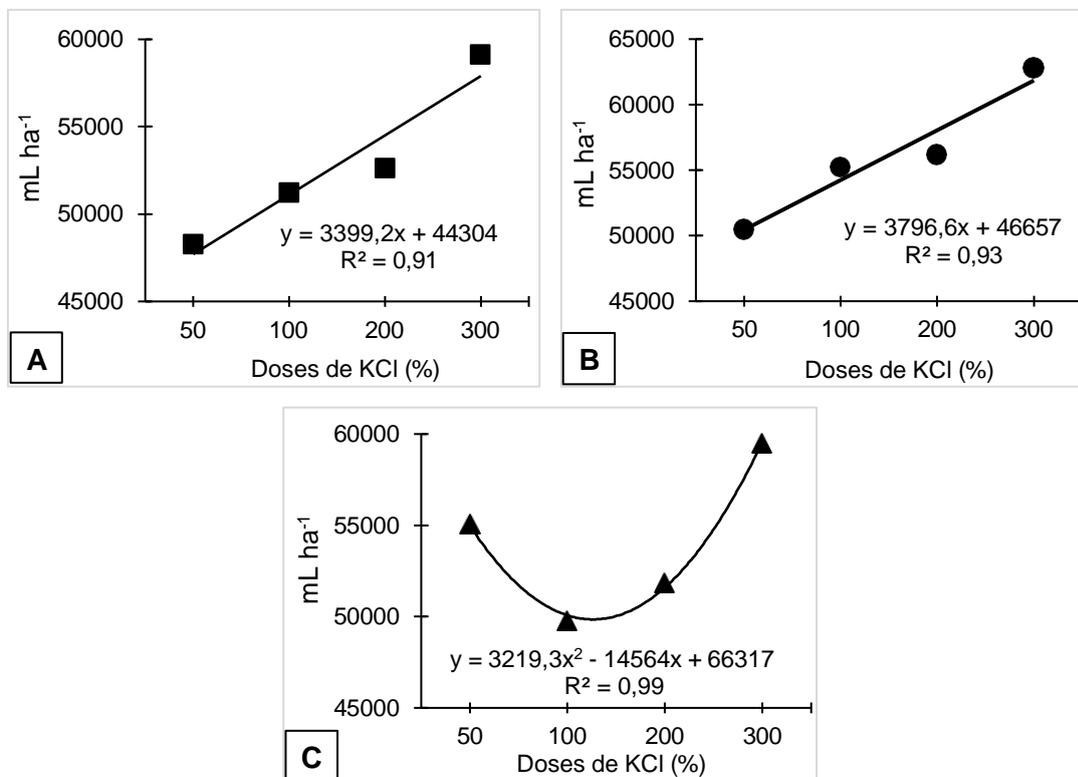
Figura 25. Relação  $\text{mL ha}^{-1}$  em função de doses de KCl (50%, 100%, 200% e 300%) e lâminas de irrigação (0%, 100% e 150%).

observar na figura 25 a seguir.



Os resultados mostraram certa simetria com relação as curvas, com tendência de crescimento com o aumento das doses de KCl. As lâminas com 0% e 150% demonstraram comportamento semelhante e muito próximo um do outro a partir da dose 100%. Mas a lâmina de irrigação com 100% da ETc demonstrou certa simetria com relação as demais, entretanto com valores superior, seguindo assim até a dose 300%, com valor máximo de  $62.783 \text{ mL ha}^{-1}$ , observado melhor na figura 26 a seguir.

Figura 26. Relação mL ha<sup>-1</sup> em função de doses de KCl (50%, 100%, 200% e 300%) e lâminas de irrigação (0% (A), 100% (B) e 150% (C)).



### Eficiência do uso da água (EUA)

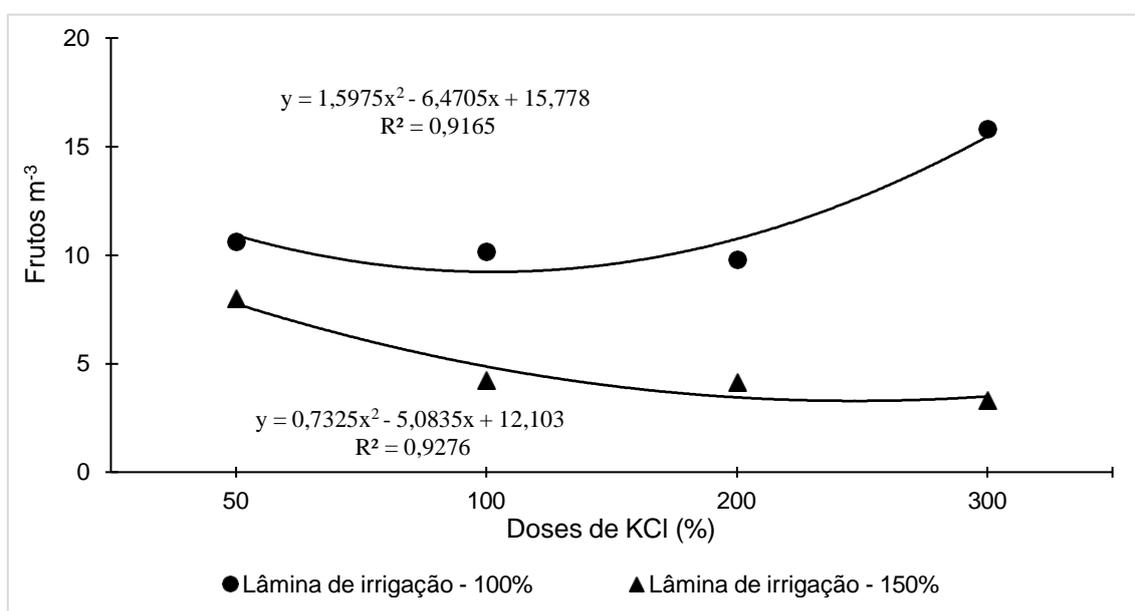
#### *EUA na produtividade de frutos (EUA<sub>PF</sub>)*

Para o fator eficiência do uso da água (EUA<sub>PF</sub>) foi observado efeito estatístico significativo ( $p < 0,01$ ) entre o FA e o FB, para os todas as variáveis (figura 27). Para o teste de reposição da lâmina 100%, a interação ocorreu na dose 300%, com valor de 15,77 frutos m<sup>-3</sup>, havendo tendência de crescimento linear com o aumento das doses. Para o teste com 150%, a interação aconteceu no ponto inicial, na dose 50% com valor de 7,97 frutos m<sup>-3</sup>, 49,4% menor que o anterior, não havendo comportamento linear de crescimento e sim diminuição, ou seja, com o aumento das doses, a EUA<sub>PF</sub> acaba diminuindo significativamente.

Este resultado se assemelha a de Araújo *et al.* (2022), com sua pesquisa com Irrigação com déficit sustentado na produtividade e na qualidade da água

do fruto do coqueiro verde anão, que encontrou um aumento da EUA quando diminuí a porcentagens das lâminas de 131% para 56% da ETc. Segundo Fereres e Soriano (2007), esse comportamento é visualizado na maioria das culturas e a irrigação deficitária acaba sendo um mecanismo de aumento de produtividade e, por consequência, de maior eficiência do uso da água da irrigação (CARR, 2011). Resultado semelhante ao encontrado por Medeiros (2023) em suas pesquisas com eficiência do uso da água para o coqueiro anão verde.

Figura 27. Eficiência do uso da água para frutos  $m^{-3}$  em função de doses de KCl (50%, 100%, 200% e 300%) e lâminas de irrigação (100% e 150%).



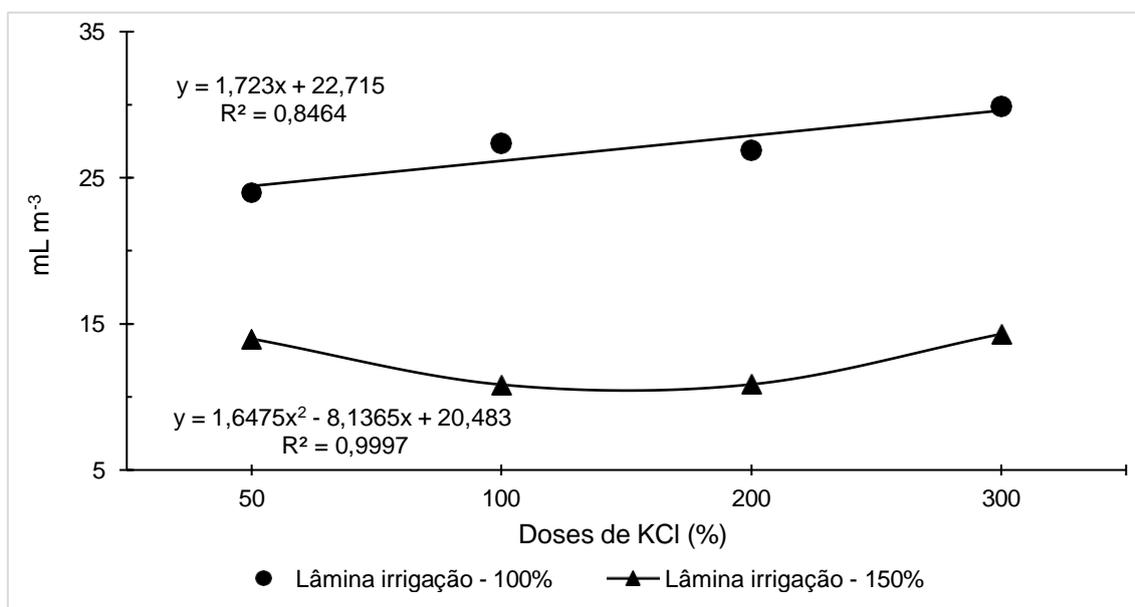
#### *EUA na produtividade de água de coco ( $EUA_{PAC}$ )*

Outra variável de grande importância é a eficiência do uso da água da irrigação para volume de água de coco ( $EUA_{PAC}$ ), o qual apresentou efeito estatístico significativo ( $p < 0,01$ ) entre o FA e o FB (figura 28). O teste com a lâmina 100% teve interação significativa na dose 300%, com valor médio de  $29,26 \text{ mL } m^{-3}$ , havendo um crescimento linear em caso de aumento da dose. Para a lâmina 150% a interação aconteceu também no ponto máximo, de 300% da dose, com cerca de 51% menor que o teste anterior com  $14,31 \text{ mL } m^{-3}$  estando em uma crescente linear significativa, e com tendência de crescimento em caso

de aumento das doses. Ambas apresentando comportamento linear de crescimento com o aumento das doses.

Os resultados encontrados são semelhantes aos de Araújo *et al.* (2022) que, em suas pesquisas com irrigação na cultura do coqueiro com a diminuição da lâmina de irrigação, conseguiu aumento da eficiência do uso da água para os fatores avaliados. A EUA está intimamente ligada a elementos ambientais e genéticos, havendo uma resistência e tolerância maior por parte de algumas variedades (ÁLVAREZ *et al.*, 2021). Valores semelhantes aos encontrados para essa variável por Medeiros (2023), ao qual conseguiu observar crescimento linear até a dose 300%, após houve leve diminuição da eficiência.

Figura 28. Eficiência do uso da água para volume de água de coco em mL m<sup>-3</sup> em função de doses de KCl (50%, 100%, 200% e 300%) e lâminas de irrigação (100% e 150%).



O uso da irrigação é sem dúvidas uma tecnologia que auxilia no aumento da produção, e com o incremento da fertirrigação consegue atingir resultados significativos, isso porque juntas conseguem atingir o pilar produtivo da cultura do coqueiro, o equilíbrio hídrico e nutricional, dois pontos que as palmeiras com frutificação continuam precisam para o seu ciclo produtivo estarem sempre em alta (Marouelli *et al.*, 2014). A falta ou desequilíbrio desses fatores pode prejudicar o desenvolvimento do coqueiro, seja no crescimento, números de folhas, ou

mesmo o abortamento da inflorescência e frutos em formação (NOGUEIRA *et al.*, 2018)

Alguns fatores podem ter interferido nos resultados desta pesquisa, isso porque o pomar comercial está passando por alguns problemas de cunho fitossanitário, com o ataque de pragas e doenças que afetam diretamente todas as características avaliadas, desde a planta, através das folhas, diâmetros e altura do estipe, até os aspectos produtivos de peso, volume de água e produtividade, havendo uma queda drástica (GAMA *et al.*, 2021, FERRAZ *et al.*, 2020).

A doença em questão, que contaminou grande parte das plantas da fazenda, chama-se Atrofia Letal da Coroa do Coqueiro (ALCC), conhecida vulgarmente pelo “mal da folha curta”, e ainda tem poucos estudos acerca dos danos, que já são vistos como irreparáveis, agentes e formas de controle. Essa patologia inicia no encurtamento das folhas, as quais não se desenvolvem, e ficam atrofiadas, interferindo em diversos processos fisiológicos da planta devido a diminuição da área foliar. Após este ocorrido, a doença afeta os frutos, havendo abortamento e diminuição tanto da quantidade destes, quanto alteração nos seus aspectos de peso, volume e forma quando conseguem se desenvolver.

## **CONCLUSÕES**

De forma geral, os testes com lâminas de irrigação e adubação via fertirrigação tiveram resultados significativos, mostrando que a lâmina de 100% da ET<sub>c</sub> consegue o melhor desempenho, levando em consideração o custo benefício e operacional para reposição de lâminas superiores. Já a adubação, a dose 300% demonstra que consegue potencializar o desempenho produtivo do coqueiro anão verde e a grande maioria das variáveis conseguiram demonstrar uma crescente significativa nesse teste, sendo colaborado para essa resposta os resultados de EUA<sub>PAC</sub> e EUA<sub>PF</sub>. Entretanto sugere-se que novas pesquisas sejam realizadas nesse viés, para averiguar o comportamento das variáveis e observar novas possibilidades.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. Roma: FAO, 1998. 300p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ALVES, Rafael Moysés; MULLER, A. A. **Aspectos básicos do cultivo do coqueiro (Cocos nucifera L.)**. EMBRAPA-CPATU, 1995.
- ANDRADE, D. S. *et al.* Evapotranspiração, coeficiente de cultivo e eficiência no uso de água de uvas viníferas cultivadas no Agreste Pernambucano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 03, p. 1376-1386, 2023.
- ÁLVAREZ, E.P. *et al.* Effects of the irrigation regimes on grapevine cv. Bobal in a Mediterranean climate: I. Water relations, vine performance and grape composition. *Agricultural Water Management*, 2021.
- ALVES, K. D. N. A *et al.* Estudo da evolução do cultivo de coco em municípios do estado do Pará e nos principais estados brasileiros produtores. **Revista Agroecossistemas**, 10 (2), 209-224, 2018.
- ARAÚJO, B. D. A. *et al.* Sustained deficit irrigation on yield and fruit water quality of dwarf green coconut. **Ciência Rural**, v.52, n.11, p.1-8, 2022.
- BANDYOPADHYAY, A. *et al.* Fertigation Effects on Productivity, and Soil and Plant Nutrition of Coconut (Cocos nucifera L.) in the Eastern Indo-Gangetic Plains of South Asia. *International journal of fruit science*, v. 19, n. 1, p. 57-74, 2019.
- BAPTISTELLA, C. S. L.; COELHO, P. J. Cocoicultura no Estado de São Paulo, 2015 a 2020. *Análises e Indicadores do Agronegócio*, São Paulo, v. 16, n. 11, p. 1-6, nov. 2021.
- BASAVARAJU, T. B. *et al.* Effect of fertigation on the productivity of coconut. *Journal of Plantation Crops*, p. 198-204, 2014.
- BENASSI, A C. *et al.* O cultivo do coqueiro-anão-verde: tecnologias de produção. 2014.
- BRAINER, M. S. C. P. COCO: PRODUÇÃO E MERCADO. **Caderno Setorial ETENE**. Ano 6, n. 206, dez 2021. Disponível em: [https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/387/1/2020\\_CDS\\_127c.pdf](https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/387/1/2020_CDS_127c.pdf)
- CALGARO, M.; BRAGA, M. B. Determinação da uniformidade de distribuição de água em sistema de irrigação localizada. *Embrapa Semiárido-Circular Técnica*, 2008.

CÂMARA, F. M. M *et al.* Fenologia do coqueiro anão verde em região semiárida. **Agropecuária Científica no Semiárido, Campina Grande**, v.14, n.4, p.291-296, 2019.

CARR, M. As relações hídricas e as necessidades de irrigação do coco (*Cocos nucifera*): uma revisão. **Agricultura Experimental**, 47 (1), 27-51. 2011. doi:10.1017/S0014479710000931

CASTRO, C. P.; PASSOS, E. E. M.; ARAGÃO, W. M. Fenologia de cultivares de coqueiro-anão nos tabuleiros costeiros de Sergipe. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.31, n.1, p. 13-19, 2009.

CUENCA, M.A.G.; SIQUIERA, L.A. Aspectos econômicos do coqueiro. In: FONTES, H.R.; RIBEIRO, F.E.; FERNANDES, M.F. **Coco**: produção, aspectos técnicos. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2003. p.65-71. (Frutas do Brasil, 27).

EMBRAPA. Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 214p.

EMBRAPA, Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. 5ª ed. Brasília, DF: Embrapa, 2008, 356 p.

FERERES, E.; SORIANO, MA Irrigação deficitária para redução do uso agrícola de água. **Journal of Experimental Botany**, v.58, n.2, p.147-159, 2007.

FERRAZ, L. G. B. *et al.* Nova doença ameaça coqueirais brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 25, n. 1, 2020.

FICKLIN, D. L. *et al.* Incorporation of the penman–monteith potential evapotranspiration method into a palmer drought severity index tool. **Computers & Geosciences**, 85:136–141, 2015.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). FAOSTAT. Crops. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 11 março 2023.

Frizone, J. A. *et al.* Fertirrigação mineral. 1.ed. Ilha Solteira: UNESP, 1985, v.1, 31p.

FRÓES JÚNIOR, P. S. M. *et al.* Sources of Growth and Spatial Concentration of Coconut Crop in the State of Pará, Brazilian Amazon. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 2, 2019.

GAMA, A. S. *et al.* **Uso de geoestatística no monitoramento da doença atrofia letal da coroa do coqueiro e pulverização eletrostática no controle de *Aceria guerreronis* em plantio comercial de coqueiro**. Tese, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2021.

Gonçalves, C.C de M. *et al.* Avaliação do cultivo de *Pleurotus sajor-caju* (Fries) Sing. sobre resíduos de fábricas têxteis de algodão para produção de cogumelos e alimentação animal. **Ciência e Agrotecnologia**, 34 (1): 220-225, 2010.

GONÇALVES, F. DAS C. *et al.* Agronomic and qualitative performance of densely cultivated onion cultivars as affected by potassium fertilisation. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 4, p. 889–896, out. 2019.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Produção Agrícola Municipal 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>.

JACKSON, J. C. *et al.* Changes in chemical composition of coconut (*Cocos nucifera* L.) water during maturation of the fruit. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 84, v.9, p.1049-1052, 2004.

LEITE, I. R. M.; ENCARNAÇÃO, C. R. F. Fenologia do coqueiro na zona costeira de Pernambuco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 37, n. 6, p. 745-752, 2002.

LINS, P.M.P; VIÉGAS, I. Adubação do coqueiro no Pará. 2008.

MACIEL, V. T. *et al.* Caracterização física dos frutos de seis cultivares de coqueiro anão em diferentes estádios de desenvolvimento. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 4, p. 395-398, 2009.

MARQUELLI, W. A. *et al.* Manejo da água de irrigação. In: SOUSA, V. F. *et al.* Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças, Brasília – DF: Embrapa, 2014.

MAVI, H. S. & TUPPER, G. J. *Agrometeorology—Principles and application of climate studies in agriculture*. Food Products Press. 2004. 364p

MEDEIROS, M. B. C. L. *et al.* Fenologia do coqueiro irrigado em função de diferentes taxas evapotranspirativas. **IRRIGA**, v. 27, n. 1, p. 208-220, 2022.

MEDEIROS, M. B. C. L. *et al.* **Fisiologia e produção do coqueiro (*Cocos nucifera*, L.) submetido a irrigação e fertirrigação no Nordeste Paraense**. 2023. Tese de Doutorado. UFRA-Campus Belém.

MIRANDA, F. R. *et al.* Evapotranspiração e coeficientes de cultivo do coqueiro anão-verde na região litorânea do Ceará. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 38, n. 2, p. 129-135, 2007.

MIRANDA, J. R.; PEREIRA, G. M. Cultivo da beterraba sob diferentes tensões de água no solo. *Irriga*, v. 24, n. 2, p. 220-235, 2019.

MORENO PIZANI, M. A. **Manejo da irrigação e produtividade da água na cultura da carqueja (*Baccharis crispa* Spreng.)**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

NASCIMENTO, P. S. BASSOI, L. H., and da SILVA PAZ, V. P. (2012). Planilha eletrônica para auxílio à tomada de decisão em manejo de irrigação. **IRRIGA** (Brazilian Journal of Irrigation and Drainage), 17(1):1–15.

NETO, Miguel. F. et al. Qualidade do fruto do coqueiro anão verde em função de nitrogênio e potássio na fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, p. 453-458, 2007.

OHLER, J. G. Coconut, tree of life. Rome: **FAO, Plant production and protection paper**, 57. 1984. 446p.

OLIVEIRA, J. A. M.; OLIVEIRA, C. M. M. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Arinos – MG. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 6, p. 3021-3027, 2018.

PASSOS, E. E. M. A cultura do coqueiro. EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, Sistemas de produção 1. 2007. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Coco/ACulturadoCoqueiro/exigencias.htm>

PEREIRA, R. M. *et al.* Comparação de cultivares de soja no Sudoeste Goiano em resposta à aplicação de diferentes doses de Cloreto de Potássio. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 4132-4144, 2021.

PERRONI, B. L. T *et al.* Influência do custo da energia elétrica e do material da tubulação na velocidade econômica de bombeamentos. **IRRIGA**, [S. l.], v. 20, n. 1, p. 13–20, 2015. Disponível em: <https://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/755>. Acesso em: 29 jan. 2023.

PIRES, M. de M., *et al.* A cultura do coco: uma análise econômica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, p.173-176, 2004.

RIBEIRO, G *et al.* Adubação potássica aplicada na axila foliar e no solo em coqueiro anão verde. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.63, n.1, p.68-75, 2016.

RÖMHELD, V.; KIRBY, E. A. Pesquisa sobre potássio na agricultura: necessidades e perspectivas. **Plant and Soil, Dordrecht**, v.335, n.1-2, p.155-180, 2010.

SEYEDABADI, E., *et al.* Online measuring of quality changes of banana slabs during convective drying. **Engineering in Agriculture, Environment and Food**, v.12, 2019.

SILVA, G. G. Desenvolvimento e qualidade da água de fruto de cultivares de coqueiro anão. 2006. 124 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2006.

SILVA, L. R., *et al.* Características físicas e físico-químicas da água de frutos de coqueiro anão verde. **Revista brasileira de tecnologia agroindustrial**, v. 7, n. 2, 2013.

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

SOUZA, V. F. *et al.* Eficiência do uso da água pelo meloeiro sob diferentes frequências de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande v.4, p.183-188., 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2009. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed. 719 p.

TEIXEIRA, L. A. J.; BATAGLIA, O. C.; BUZETTI, S.; FURLANI JR., E.; ISEPON, J. DOS S. Adubação com NPK em Coqueiro-Anão Verde (*Cocos nucifera* L.): Rendimento e qualidade de frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.120- 123, 2005.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Laboratory of Climatology, Centerton, NJ, USA, 1955. 104p.

VERMEIREN, L.; JOBLING, G, A. Irrigação localizada. Campina Grande: UFPB, 1997. 187 p. (Estudo FAO – Irrigação e Drenagem, 36).

#### 4 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os testes de lâminas de irrigação, associadas a fertirrigação, são de suma importância para potencializar a produção e produtividade da cultura do coqueiro anão verde, devido sua grande necessidade hídrica e nutricional, pois trata-se de uma palmeira de ciclo produtivo contínuo e com isso há a necessidade de se manter seu desempenho produtivo em alta performance.

De forma geral, os testes com lâminas de irrigação e adubação via fertirrigação tiveram resultados significativos, mostrando que a lâmina de 100% da ETc consegue o melhor desempenho, levando em consideração o custo benefício e operacional para reposição de lâminas superiores, já a adubação a dose 300% demonstra que consegue potencializar o desempenho produtivo do coqueiro anão verde, grande maioria das variáveis conseguiram demonstrar uma crescente significativa nesse teste, sendo colaborado para essa resposta os resultados de  $EUA_{PAC}$  e  $EUA_{PF}$ .

Entretanto, sugere-se que novas pesquisas sejam realizadas nesse viés, para averiguar o comportamento das variáveis e observar novas possibilidades. Os eventos climáticos extremos na região Amazônica possibilitam e necessitam de novos testes para potencializar ainda mais a produção do coqueiro nesta região.

## REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. **Rome**: FAO, 300p. FAO Irrigation and Drainage Paper 56.

ALMEIDA, M. J. *et al.* POLIDORO, J. C. Reposição deficitária de água e adubação com organomineral no crescimento e produção de tomateiro industrial. **Irriga**, Botucatu, v. 24, n. 1, p.69-85, 2019.

ALVES, K. D. N. A *et al.* Estudo da evolução do cultivo de coco em municípios do estado do Pará e nos principais estados brasileiros produtores. **Revista Agroecossistemas**, 10 (2), 209-224, 2018.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Atlas Irrigação: uso da água na agricultura irrigada. Brasília, DF: ANA, 2021

ARAGÃO, W. M. A cultura do coqueiro. **Embrapa** Tabuleiros Costeiros. 2007. Disponível em: <http://sistemasdeprodução.cntpia.embrapa.br>

ARAGÃO, W. M.; *et al.* Seleção de cultivares de coqueiro para diferentes ecossistemas do Brasil. *In*: QUEIROZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro. Embrapa Semi-Árido. Petrolina-PE. 1999. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/catalogo/livrorg/temas.html>.

ARAÚJO, B. D. A. *et al.* Sustained deficit irrigation on yield and fruit water quality of dwarf green coconut. **Ciência Rural**, v.52, n.11, p.1-8, 2022.

APARECIDO, L.E.O. *et al.* Accuracy of Potential Evapotranspiration Models in Different Time Scales. **Revista Brasileira de Meteorologia** 35, 63-80. 2020. <https://doi.org/10.1590/0102-7786351026>.

BANDYOPADHYAY, A. *et al.* Fertigation Effects on Productivity, and Soil and Plant Nutrition of Coconut (*Cocos nucifera* L.) in the Eastern Indo-Gangetic Plains of South Asia. *International journal of fruit science*, v. 19, n. 1, p. 57-74, 2019.

BAPTISTELLA, C. S. L.; COELHO, P. J. Cocoicultura no Estado de São Paulo, 2015 a 2020. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 16, n. 11, p. 1-6, nov. 2021. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/ftp/iea/AIA/AIA-46-2021.pdf>. Acesso em: 06 de março de 2023.

BRAINER, M. S. C. P. COCO: PRODUÇÃO E MERCADO. Caderno Setorial ETENE. Ano 6, n. 206, dez 2021. Disponível em: [https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/387/1/2020\\_CDS\\_127c.pdf](https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/387/1/2020_CDS_127c.pdf)

CÂMARA, F. M. M. *et al.* Fenologia do coqueiro anão verde em região semiárida. **Agropecuária Científica no Semiárido, Campina Grande**, v.14, n.4, p.291-296, 2019.

CAMPOS, T. L. O. B.; DOS SANTOS, A. P. P. Frequências dos eventos extremos de seca e chuva na Amazônia utilizando diferentes bancos de dados de precipitação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 2, p. 468-478, 2017.

CUENCA, M. A. G. Aspectos econômicos. *In*: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. *In*: A cultura do coqueiro no Brasil, Brasília – DF: Embrapa, 2018.

COSTA, S. C., SOARES, A. A., SEDIYAMA, G. G., VIANA, T.V. A., MOREIRA, F. V. O. Comportamento dos parâmetros indicativos de produção da bananeira Pacovan submetidas a diferentes lâminas de irrigação e doses potássio na Chapada do Apodi – Limoeiro do Norte/CE. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 4, 2009.

DAVIDSON, E. *et al.* The Amazon basin in transition. *Nature*, São Paulo, v. 481, n. 7381, p. 321-328, 2012. Disponível em: <http://www.nature.com/articles/nature10717>. Acesso em: 03 mar.2023.

DUENHAS, L. H. *et al.* Fertirrigação com diferentes doses de N P K e seus efeitos sobre a produção e qualidade de frutos de laranja (*Citrus sinensis* O.) 'Valência'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n.1, p. 214-218, 2002.

ESPINOZA, J. C. *et al.* Flood in south-western Amazon basin: the role of tropical-subtropical South Atlantic SST gradient. *Environmental Research Letters* 9, 124007. 2014.

FERRAZ, L. G. B. *et al.* Nova doença ameaça coqueirais brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 25, n. 1, 2020.

FERRAZ, L. G. B. *et al.* Nova doença letal ao coqueiro no Brasil. *Tropical Plant Pathology, Germany*, v. 38, p. 295–301, 2012.

FRÓES JÚNIOR, P. S. M. *et al.* Sources of Growth and Spatial Concentration of Coconut Crop in the State of Pará, Brazilian Amazon. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 2, 2019.

GAMA, A. S. *et al.* **Uso de geoestatística no monitoramento da doença atrofia letal da coroa do coqueiro e pulverização eletrostática no controle de *Aceria guerreronis* em plantio comercial de coqueiro**. Tese, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2021.

GUERRA, A. G. *et al.* Frequência da fertirrigação da bananeira prata-anã com nitrogênio e potássio aplicados por microaspersão. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 1, p. 80- 88, 2004.

GURR, G. M. *et al.* Coconut lethal yellowing diseases: A phytoplasma threat to palms of global economic and social significance. *Frontiers in Plant Science*, 7(1), 1–21, 2016. doi:10.3389/fpls.2016.01521.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Produção Agrícola Municipal 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>.

IBGE. Produção Agrícola Municipal. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em 25/04/2023.

MACHADO, L. J *et al.* Utilização da biomassa do coco verde (cocos nucifera L.) para obtenção de subprodutos. **Brazilian Journal of Development**, 6(1), 3808-3826, 2020.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MARTINS, C. R., JESUS JÚNIOR, L. A. DE. Produção e comercialização de coco no Brasil frente ao comércio internacional: panorama 2014. Aracaju. Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2014. 51 p. Disponível em <http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 26/04/2023.

MARTINS, C. R.; CUENCA, M. A. G. Panorama da produção e comércio mundial. *In*: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. *In*: A cultura do coqueiro no Brasil, Brasília – DF: Embrapa, 2018.

MEDEIROS, M. B. C. L. *et al.* Fenologia do coqueiro irrigado em função de diferentes taxas evapotranspirativas. **IRRIGA**, v. 27, n. 1, p. 208-220, 2022.

MEDEIROS, M. B. C. L. *et al.* **Fisiologia e produção do coqueiro (Cocos nucifera, L.) submetido a irrigação e fertirrigação no Nordeste Paraense**. 2023. Tese de Doutorado. UFRA-Campus Belém.

MIRANDA, F. R. de; NOGUEIRA, L. C.; AMORIM, J. R. A. de. Fertirrigação. *In*: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. *In*: A cultura do coqueiro no Brasil, Brasília – DF: Embrapa, 2018.

MUNIZ, V. I. *et al.* Frequência de coletores florais do Coqueiro (Cocos nucifera L.) no litoral do município de Acaraú (Ceará–Brasil). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, 8(2), p. 1-10. 2020.

ODURO-YEBOAH, C. *et al.* Food safety knowledge and practices among fresh coconut vendors. **Scientific African**, e00392, 2020.

OLIVEIRA, F. A. *et al.* Improving sweet pepper yield and quality by means of fertigation management. *Horticultura Brasileira*, v. 35, n. 2, p. 235–241, abr. 2017.

PASSOS, E. E. M. Morfologia. *In*: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. *In*: A cultura do coqueiro no Brasil, Brasília – DF: **Embrapa**, 2018a.

PASSOS, E. E. M.; CARDOSO, B. T.; CINTRA, F. L. D. Clima e ecofisiologia. *In*: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. *In*: A cultura do coqueiro no Brasil, Brasília – DF: **Embrapa**, 2018b.

PÉREZ-ÁLVAREZ, E.P. *et al.* Effects of the irrigation regimes on grapevine cv. Bobal in a Mediterranean climate: I. Water relations, vine performance and grape composition. *Agricultural Water Management* 248, 106772. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106772>.

PINTO, J. V. DE N. *et al.* Fruit yield and gas exchange of Tahiti lime at different irrigation depths in the Amazon. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, n. 6, p. 463–471, jun. 2023.

PIZARRO, E., Galleguillos, M., Barría, P., Callejas, R. Irrigation management or climate change Which is more important to cope with water shortage in the production of table grape in a Mediterranean context. *Agricultural Water Management* 263, 107467. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107467>.

RADIN, B.; SCHÖNHOFEN, A.; TAZZO, I. F. Impacto da quantidade e frequência de chuva no rendimento da soja. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v. 25, n. 1, p.19-26, 2018.

RIBEIRO, G *et al.* Adubação potássica aplicada na axila foliar e no solo em coqueiro anão verde. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.63, n.1, p.68-75, 2016.

SILVA, R. A. *et al.* Crescimento e produção do coqueiro anão verde fertirrigado com nitrogênio e potássio. *In*: Resvista Caatinga, Mossoró, v. 22, n. 1, 2009.

SHIMAZAKI, K.I. *et al.* Light regulation of stomatal movement. *Annual Review of Plant Biology*, Palo Alto, v.58, p.219-247, 2007.

SIQUEIRA, L. A. *et al.* Introdução do coqueiro no Brasil, importância histórica e agrônômica, 24p, 2002. **Embrapa** Tabuleiros Costeiros. (Documentos, 47).

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

TESTEZLAF, R. Irrigação: métodos, sistemas e aplicações. Campinas: **FEAGRI**, 2017.

TRIGO, I.F. *et al.* R., 2018. Validation of reference evapotranspiration from Meteosat Second Generation (MSG) observations. *Agricultural and Forest Meteorology* 259, 271-285. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.05.008>