



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

RAFAELA DA SILVA GUERINO

DESENVOLVIMENTO E FISIOLOGIA DA PIMENTEIRA-DO-REINO SUBMETIDA A
DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO VIA FERTIRRIGAÇÃO

BELÉM
2023



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

RAFAELA DA SILVA GUERINO

DESENVOLVIMENTO E FISIOLOGIA DA PIMENTEIRA-DO-REINO SUBMETIDA A DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO VIA FERTIRRIGAÇÃO

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Agronomia: área de socioeconomia, recursos naturais e desenvolvimento do agronegócio, para obtenção do título de mestre.

Orientador: Joaquim Alves de Lima Junior

BELÉM
2023

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

- G932d Guerino, Rafaela da Silva
 Desenvolvimento e fisiologia da Pimenteira-do-Reino submetida a diferentes doses de Nitrogênio e Potássio via fertirrigação / Rafaela da Silva Guerino. - 2023.
 60 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Agronomia (PPGA), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2023.
 Orientador: Prof. Dr. Joaquim Alves de Lima Junior
1. manejo de adubação . 2. fertirrigação . 3. respostas fisiológicas . I. Alves de Lima Junior, Joaquim, *orient.* II. Título

CDD 631.587



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

RAFAELA DA SILVA GUERINO

DESENVOLVIMENTO E FISIOLOGIA DA PIMENTEIRA-DO-REINO SUBMETIDA A
DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO VIA FERTIRRIGAÇÃO

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do programa de Pós- Graduação em Agronomia, para obtenção do título de mestre.

Data da Aprovação: 30/06/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof Dr. Joaquim Alves de Lima Junior- Orientador
Universidade Federal Rural da Amazonia- UFRA

Documento assinado digitalmente
gov.br ELESSANDRA LAURA NOGUEIRA LOPES
Data: 06/07/2023 18:04:42-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

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

Documento assinado digitalmente
gov.br VALDEIDES MARQUES LIMA
Data: 08/07/2023 05:31:37-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Valdeides Marques Lima
Instituto Federal de Educação do Pará- IFPA

Documento assinado digitalmente
gov.br PEDRO DANIEL DE OLIVEIRA
Data: 08/07/2023 08:27:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª Dr. Pedro Daniel de Oliveira
Universidade Federal Rural da Amazonia- UFRA

AGRADECIMENTOS

A Deus e a Nossa Senhora, por sempre me darem motivos para seguir adiante, me auxiliando, guiando, protegendo, colocando pessoas mais que especiais em meu caminho.

Gilberto e Nélia, meus pais, por sempre estarem comigo, sendo os meus maiores parceiros e apoiadores.

Bárbara e M. Fernanda, minhas irmãs, amigas que sempre estão ao meu lado, incentivando, apoiando.

Ao meu orientador Joaquim, por toda confiança, parceria e aprendizado repassado ao longo desses meses.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Cnpq, pela concessão da bolsa de estudos e financiamento do projeto.

A empresa Tropoc pela oportunidade de conhecer sobre uma cultura tão importante para a região, permitir a interação com outros profissionais da área e financiamento do projeto.

Aos funcionários da Tropoc, em especial Gilberto, Eduardo, Dilson e Cicero pela ajuda com a fertirrigação e coleta de dados.

Aos professores Lucas Cavalcante, Pedro Daniel e a doutora Helane Aguiar pelo auxílio na coleta de dados deste trabalho.

Aos avaliadores da banca, professora Elessandra e professor Valdeides por todas as contribuições neste trabalho.

Obrigada!

RESUMO

A Pimenta-do-reino é uma das especiarias mais importantes do mundo, responsável por gerar empregos e renda, a cultura tem grande importância econômica e social. Logo, a necessidade do desenvolvimento dos cultivos não apenas em qualidade, mas também em produtividade fazendo-se necessário a utilização de tecnologias, dentre elas podemos citar o manejo da adubação através da fertirrigação. O presente estudo teve como objetivo, avaliar o desenvolvimento da pimenteira-do-reino sob diferentes doses de N e K via fertirrigação. O trabalho foi desenvolvido na Empresa de Produtos Tropicais de Castanhal- TROPOC durante os meses de abril de 2021 a dezembro de 2022. O experimento foi em blocos casualizados com quatro doses de N (0, 30, 60, 120 g) e quatro doses de K (0, 35, 70, 140 g) baseadas na recomendação de adubação da pimenteira a 0, 50, 100, 200%. No primeiro ano de cultivo, a pimenteira foi adubada de forma convencional, a partir do segundo ano a adubação ocorreu através da fertirrigação nos meses de agosto a dezembro. A irrigação foi realizada através de mangueiras autocompensantes de polietileno aditivado, de 16 mm com gotejadores distanciados a 30 cm entre si, vazão de 3,5 L/h e pressão no final da linha de 8 mca. Para o manejo da irrigação foram instalados seis tensiômetros na área na profundidade de 20, 40 e 60 cm. A fertirrigação foi realizada a cada 15 dias, sua realização consistia em um terço do tempo utilizado na irrigação, posteriormente ocorria a fertirrigação e depois a irrigação ocorria novamente, com o objetivo de carrear os nutrientes para as camadas mais baixas do solo e lavar o sistema de irrigação. Os adubos utilizados na fertirrigação foram, o cloreto de potássio purificado (60 % de K), o nitrato de cálcio (15,5% de N e 19% Ca), nitrato de magnésio (11% de N e 9,3% de MgO), ureia (45% de N). Foram avaliados a Altura da planta-AP, Circunferência do Caule-CC, Número de nó- N° de Nó, Teor de Nitrogênio pelo índice SPAD aos 90, 120 e 150 dias após a diferenciação dos tratamentos, foi utilizado o analisador de Fotossíntese- Irga para a análise da taxa de assimilação de CO₂, Eficiência de carboxilação (ECi), troca gasosa (gs), Concentração interna de CO₂ (Ci), transpiração (E) e Eficiência interna no uso da água (WUE). Os dados foram submetidos ao teste de F e análise de Regressão a 5% e 1% de probabilidade, as análises foram realizadas com o auxílio do programa R 4.2.2. A pimenteira-do-reino teve seu crescimento e atividade fisiológica influenciada pelas diferentes doses de nitrogênio e potássio, dosagens elevadas dos adubos apresentaram as melhores respostas para todas as variáveis analisadas, porém para determinar uma dose econômica, faz-se necessário conhecer a resposta da planta as características de produtividade.

Palavras-chaves: Manejo da adubação, fertirrigação, respostas fisiológicas.

ABSTRACT

Black pepper is one of the most important spices in the world, responsible for generating jobs and income, the crop has great economic and social importance. Therefore, the need to develop crops not only in terms of quality, but also in productivity makes it necessary to use technologies, among which we can mention the management of fertilization through fertigation. The objective of this work was to evaluate the development of black pepper under different doses of N and K via fertigation. The work was carried out at Empresa de Produtos Tropicais de Castanhal - TROPOC during the months of April 2021 to December 2022. The experiment was in randomized blocks with four doses of N (0, 30, 60, 120 g) and four doses of K (0, 35, 70, 140 g) based on the pepper fertilizer recommendation at 0, 50, 100, 200%. Fertirrigation was carried out every 15 days, its performance consisted of one third of the time used in irrigation, then fertigation occurred and then irrigation occurred again, with the objective of carrying nutrients to the lower layers of the soil and washing the system of irrigation. The fertilizers used in fertirrigation were purified potassium chloride (60% K), calcium nitrate (15.5% N and 19% Ca), magnesium nitrate (11% N and 9.3% MgO), urea (45% N). Plant Height-AP, Stem Circumference-CC, Node Number- Node Number, Nitrogen Content by the SPAD index at 90, 120 and 150 days after the treatments differentiation, the Photosynthesis analyzer was used - Irga for the analysis of CO₂ assimilation rate, Carboxylation efficiency (ECi), gas exchange (gs), Internal CO₂ concentration (Ci), transpiration (E) and Internal water use efficiency (WUE). The data were submitted to the F test and regression analysis at 5% and 1% probability, the analyzes were carried out with the aid of the R 4.2.2 program. Black pepper had its growth and physiological activity influenced by different doses of nitrogen and potassium, high doses of fertilizers showed the best response for all analyzed variables, but to determine an economical dose, it is necessary to know the response of the plant the productivity characteristics.

Keywords: Fertilization management, Solution extractors, Productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Vista aérea da área experimental com pimenteira-do-reino fertirrigada na empresa Tropoc/ Castanhal-PA.....	27
Figura 2 - Aplicação do calcário 30 dias antes do plantio na área experimental.....	30
Figura 3 - Plantio de mudas de pimenta-do-reino (A e B) e realização de adubação de cobertura (C) em semicírculo no primeiro ano de cultivo, na área experimental (Empresa de Produtos Tropicais de Castanhal. Ltda (TROPOC)), Castanhal – PA.	30
Figura 4 - Imagem demonstrativa da parcela experimental com pimenta-do-reino fertirrigada na Empresa Tropoc em Castanhal-PA.	32
Figura 5 - (A) Caixa d'água utilizada para a realização da irrigação e fertirrigação; (B) cabeçal de controle: demonstração da bomba, filtro de tela e registro regulador de pressão; (C) painel de controle da irrigação; (D) Manômetro.	34
Figura 6 - Avaliação Hidráulica: (A) Demonstração da coleta de água no gotejador para a determinação do CUD; (B) Manômetro inserido no final da linha de serviço para análise da pressão da água nas mangueiras.	35
Figura 7- Manejo da irrigação e fertirrigação: (A) Demonstração dos tensiômetros instalados, área para o manejo da irrigação; (B) Demonstração dos extratores instalados nas parcelas experimentais para o manejo da fertirrigação; (C) Tensímetro de punção.	36
Figura 8 - (A) Pesagem dos adubos; (B) mistura e diluição dos adubos na água.	38
Figura 9 - Realização da medição de altura na planta (AP), <i>em</i> plantas de pimenteira-do-reino da área experimental (Empresa de Produtos Tropicais de Castanhal. Ltda (TROPOC)), Castanhal – PA.....	39
Figura 10 - Demonstração da avaliação realizada com o Irga na área experimental.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Análise química do solo da área experimental (Empresa de Produtos Tropicais de Castanhal. Ltda (TROPOC)), Castanhal – PA.....	28
Tabela 2- Análise Física do solo da área experimental (Empresa de Produtos Tropicais de Castanhal. Ltda (TROPOC)), Castanhal – PA.....	28
Tabela 3 - Resultado da análise água utilizada na área experimental (Empresa de Produtos Tropicais de Castanhal. Ltda (TROPOC)), Castanhal – PA.	29
Tabela 4 - Descrição das quantidades oferecidas de cada nutriente as plantas após a diferenciação dos tratamentos.	32
Tabela 5 - Necessidade de adubação para a Pimenteira-do-reino, de acordo com o Livro de recomendação do estado do Pará.....	32
Tabela 6- Resposta das diferentes doses de nitrogênio e potássio fertirrigado para número de nó (Nº de N), Circunferência do caule (CC) e Altura de planta (AP) da pimenteira-do-reino, Castanhal-PA.	45
Tabela 7- Reposas das doses de Nitrogênio e potássio via fertirrigação na leitura do SPAD aos 90, 120 e 150 dias.	48
Tabela 8- Resposta da variável Eficiência interna no uso da água- WUE em pimenteiras-do-reino sob diferentes doses de nitrogênio e potássio.....	52

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Curva característica de retenção de água da área experimental com Pimenteira-do-reino na empresa TROPOC, Castanhal- PA.	36
Gráfico 2 - Média mensal de precipitação e umidade relativa do ar para os anos 2021 (A) e 2022 (B) no município de Castanhal-PA.	42
Gráfico 3 - Comportamento médio diário da precipitação e temperatura máxima, média e mínima para o município de Castanhal durante os anos de 2021/2022. A) Dados de precipitação (mm) e temperatura (° C) do primeiro ano de cultivo (2021). B) Comportamento da precipitação (mm) e temperatura (° C) no segundo ano, 2022.....	43
Gráfico 4 - Comportamento médio das leituras realizadas com o medidor portátil de clorofila (SPAD) nas folhas da pimenteira-do-reino fertirrigadas com N e K, Castanhal-PA.	48
Gráfico 6 - Comportamento da variável troca gasosa: A) Comportamento g_s ($\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$) das doses de potássio variando o nitrogênio. B) Comportamento g_s ($\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$) das doses de nitrogênio variando o potássio.....	50
Gráfico 7 - Comportamento da variável concentração intracelular de CO_2 A) Comportamento C_i ($\mu\text{mol}(\text{CO}_2) \text{mol}^{-1}(\text{ar})$) das doses de K variando N. B) Comportamento C_i ($\mu\text{mol}(\text{CO}_2) \text{mol}^{-1}(\text{ar})$) das doses de N variando K.	50
Gráfico 8 - Comportamento da variável eficiência da taxa carboxilação: A) Comportamento ECI ($\text{mol}^{-1}(\text{ar}) \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) das doses de K variando N. B) Comportamento ECI ($\text{mol}^{-1}(\text{ar}) \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) das doses de N variando K.	51

SUMÁRIO

1 CONTEXTUALIZAÇÃO	12
1.1 A Pimenteira-do-reino	12
1.2 Importância econômica	13
1.3 Nitrogênio, Potássio e a importância da adubação para a pimenteira-do-reino	15
1.4 Irrigação e fertirrigação	17
1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
2 DESENVOLVIMENTO E FISIOLOGIA DA PIMENTEIRA-DO-REINO SUBMETIDA A DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO VIA FERTIRRIGAÇÃO	26
2.1 INTRODUÇÃO	26
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	27
2.2.1 Aspectos edafoclimáticos da área	28
2.2.2 Preparo do Solo e adubação de plantio.....	30
2.2.3 Caracterização da cultivar utilizada.....	31
2.2.4 Delineamento experimental.....	31
2.2.5 Instalação e Condução do Experimento	33
2.2.6 Tratos culturais	35
2.2.7 Manejo da irrigação e fertirrigação	35
2.2.8 Variáveis analisadas	38
2.2.8.1 Análise climática da temperatura (°c), umidade relativa (%) e precipitação da área experimental	38
2.2.8.2 Circunferência do caule- CC, Número de nós- N° nó e altura da planta- AP.	39
2.2.8.3 Teor de n na folha	39
2.2.8.4 Analisador de CO ₂ e vapor d' água por radiação infravermelha- Irga	40
2.9 Análise Estatística	41
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
3.1 Condições climáticas durante o período experimental	41
3.2 Análise das variáveis agronômicas estudadas na pimenteira-do-reino	44
3.3 Avaliação dos resultados obtidos com o Irga	52
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
ANEXOS	60

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

1.1 A Pimenteira-do-reino

Originária das florestas densas do sul da Índia, a pimenteira-do-reino é uma das mais antigas especiarias conhecidas pela humanidade. As primeiras mudas de pimenta-do-reino foram trazidas ao Brasil e plantadas no estado da Bahia no século XVII (STEIN *et al.*, 1995; ANDRADE *et al.*, 2017). Posteriormente algumas plantas foram levadas para os estados da Paraíba, Maranhão, Pará. Na região paraense, a cultura foi introduzida em 1933 no município de Tomé-Açu por imigrantes japoneses que trouxeram mudas da variedade Cingapura, e a partir daquele momento, a cultura começou a ganhar importância comercial (ALBUQUERQUE e CONDURÚ, 1971; STEIN *et al.*, 1995).

Os primeiros anos de produção foram caracterizados por pequenos cultivos com vendas restritas a comerciantes locais. Entre os anos de 1945 e 1946, com o fim da segunda guerra mundial, o preço pago pela pimenta-do-reino passou de 5 mil para 100 mil réis, sendo esse um marco para a intensificação da produção no estado (HOMMA, 2016). A tecnologia adotada pelos imigrantes japoneses no manejo dos pimentais da região de Tomé-Açu, aliadas às características de clima e solo favoráveis, teve como consequência um grande volume de produção, desta forma se estabeleceu o sucesso da pipericultura no estado do Pará (BRANDÃO; TAFANI; LIMA, 1978).

A pimenteira-do-reino (*Piper nigrum* L.) é uma planta semi-perene, semi-lenhosa pertencente ao gênero *Piper*, a classe das dicotiledôneas, ordem Piperales e família Piperaceae. Segundo Albuquerque e Condurú (1971), o caule é formado por duas partes distintas: a haste central que possui raízes adventícias, grampiformes, que se originam nos nós e aderem livremente no suporte (ramo ortotrópico) e as hastes laterais, chamados de ramos plagiotrópicos ou de frutificação cujas gemas originam as flores e frutos. As folhas são pecioladas e localizadas à altura dos nós existentes nos ramos (EMBRAPA, 2001; MENEZES *et al.*, 2016).

O fruto é uma drupa séssil, indeiscente, proveniente de um único óvulo, apresentando cor verde-escura quando imaturos, adquirindo de 4 a 6 mm diâmetro e coloração avermelhada quando maduros, são ricos em piperina, composto orgânico responsável pelo sabor picante da especiaria (ANDRADE *et al.*, 2017). A comercialização do produto é feita predominantemente como pimenta preta, pimenta branca e pimenta verde em salmoura (PAVÃO, 2022). A pimenta preta, é colhida quando os frutos estão desenvolvidos, apresentando coloração entre o verde-claro e o amarelo, podem ser debulhados mecanicamente ou manualmente, sendo posteriormente colocados para secar ao sol. (STEIN *et al.*, 1995; DUARTE e ALBUQUERQUE, 2005;

LEMOS *et al.*, 2014).

O clima ideal para cultivo da pimenteira é o quente e úmido, com precipitação pluviométrica anual entre 1.500 mm e 3.000 mm, bem distribuída na maior parte do ano (DUARTE, *et al.*, 2004; LIMA *et al.*, 2010). A umidade relativa do ar deve situar-se entre 80% e 88%, a temperatura média, entre 23 °C e 28 °C e a radiação solar, acima de 2.000 horas/ano, se desenvolvendo bem em solos de textura média e argilosa, com profundidade maior que 70 cm (BASTOS *et al.*, 1997; LIMA *et al.*, 2010), camada arável húmica, boa estrutura e drenagem (EMBRAPA, 2013; RODRIGUES *et al.*, 2017). Solos enxarcados ou mal drenados não devem ser utilizados para o cultivo da pimenteira, pois proporcionam um ambiente adequado para o aparecimento de diversas doenças e pragas (ANDRADE *et al.*, 2017).

As mudas devem ser plantadas em dias nublados ou chuvosos, a cerca de 20 cm do tutor, a Leste (do lado nascente), em posição inclinada, com a parte superior voltada para o tutor. Por ser uma planta trepadeira, a pimenteira-do-reino precisa de um tutor (geralmente de madeira), que serve de apoio para fixação das raízes adventícias (FRANZINI, *et al.*, 2014; LEMOS *et al.*, 2014). Esse apoio é realizado com o objetivo de conduzir e direcionar seu crescimento, comumente utilizados tutores de madeira como acapu, maçaranduba, jarana, sapucaia que devem possuir de 3,00 m a 3,20 m de comprimento e serem enterrados a 0,5 m de profundidade. Entretanto, por serem madeiras de leis, tem-se buscado alternativas mais sustentáveis como a utilização de tutores vivos (MENEZES, *et al.*, 2016; MORAES *et al.*, 2018).

1.2 Importância econômica

A pimenteira-do-reino é uma commodity agrícola muito apreciada no mercado mundial tendo os países tropicais como principais produtores, historicamente utilizada na alimentação, a cultura ganhou outros mercados como o de cosméticos e farmacêuticos (MOURA, *et al.*, 2008; FILGUEIRAS *et al.*, 2009).

De acordo com o relatório de pesquisa de mercado divulgado pela Global Market Insights Inc, o mercado da pimenta-do-reino apresenta tendência à forte crescimento global, voltado a crescente demanda para processamento de alimentos, bebidas processadas, indústrias relacionadas à saúde e estética, além do crescimento de mercados de nicho, direcionados à pimenta-do-reino orgânica (LOURINHO *et al.*, 2014). Segundo Vidal (2020) a commodity excedeu o valor de 2,45 bilhões de dólares em 2020 e as projeções apontam uma taxa anual de crescimento de 3,5%, alcançando o valor acumulado de 3.25 bilhões de dólares até o ano de 2027.

Com a produção concentrada principalmente no continente asiático e na América do Sul (FAO, 2020). O Brasil está entre os principais produtores e exportadores do mundo desde a década de 1980, quando o país ganhou destaque no cenário internacional com a produção dos imigrantes japoneses na Amazônia, em especial no município de Tomé-Açu/PA (HOMMA, 2016). Atualmente, o Brasil é o segundo maior produtor de pimenta-do-reino do mundo, produzindo 118.057 toneladas em 37.944 hectares com um rendimento médio de 3.107 kg por ha, ficando atrás apenas do Vietnã que produziu em 2021, 288.167 mil toneladas (IBGE,2022; FAO, 2022).

Entretanto, não apenas o Vietnã, mas outros países produtores como a Indonésia, se caracterizam por produzir com mão de obra barata e em grandes extensões de terra, além disso, o Vietnã, o maior produtor mundial, possui um rendimento por área muito menor do que os encontrados nos cultivos brasileiros, com um rendimento de 2.503 kg por hectare enquanto que o Brasil, possui uma média nacional de 3.107 kg por hectare, dessa forma, apresentando um clima adequado ao desenvolvimento da cultura e a adoção de tecnologias, como: cultivares mais resistentes, substituição de tutores mortos por tutores vivos (gliricídia, moringa), manejo de adubação e irrigação, tornam o Brasil um dos grandes destaques e concorrente a ser o maior produtor mundial de pimenta-do-reino (FAO, 2022).

Segundo o IBGE (2022), até 2017 o Pará era o maior produtor nacional da cultura, posição ocupada pelo estado desde a década 80. Precisamente nos anos de 1980, 1982 e 1984, quando o Brasil alcançou a posição de maior exportador mundial de pimenta-do-reino, em função da produção paraense. Em 1991, apesar da crise, o país produziu 83,7 t. de pimenta, sendo o Pará responsável por 75,3 toneladas (HOMMA, 2008).

Atualmente, o protagonismo da produção brasileira passou da região Norte para a Sudeste, com destaque para o Espírito Santo que se tornou o principal produtor nacional (PAES e CRUZ, 2022). De acordo com o IBGE (2022), o Espírito Santo produziu 72.084 toneladas de pimenta em 17.921 hectares com um valor de produção de 1.209.986 mil reais, sendo o município São Matheus o maior produtor nacional com um valor de produção de 432.041 mil reais. O Pará, é o segundo maior produtor, correspondendo a 35.469 toneladas, 29% do que é produzido no país hoje, em uma área de 16.322 hectares com um valor de produção de 458.452 mil reais, tendo o município de Igarapé-Açu como o maior produtor do estado.

Nota-se que mesmo possuindo áreas similares, a produção capixaba é muito superior a paraense, Tal fato se deve a estagnação da produtividade no estado e principalmente ao incremento de produção do Espírito Santo, impulsionado pelo aumento de área plantada, utilização de tecnologias como irrigação e cultivares mais resistentes que melhoraram o rendimento e

produtividade alcançada nos pimentais (IBGE, 2022).

Apesar do seu histórico com a produção da cultura, a participação do Pará no cenário nacional sofreu forte redução a partir de 2010 (ANDRADE *et al.*, 2017). No ano de 2020, a produtividade da pipericultura paraense foi 44% inferior a capixaba, sendo 2,2 toneladas por ha a média do estado, enquanto que no Espírito Santo a média de produtividade foi de 4,0 toneladas por ha (IBGE, 2023).

O preço da pimenta do reino em 2022 chegou a ser comercializado a R\$ 17,63 em janeiro sofrendo redução gradual até dezembro de 2022 quando podia ser comercializado o Kg da pimenta seca por R\$ 10,80, diminuição que ocorre no preço da pimenta ao longo do ano, está relacionada em parte a disponibilidade do produto no mercado, o aumento da oferta, já que a depender do estágio de maturação, na região a pimenta começa a ser colhida em julho. Apesar desses valores citados acima, a pimenta já foi comercializada a preços bem mais atraentes ao produtor, em setembro de 2015 segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) o produtor, comercializou o Kg da pimenta a R\$ 30,50. A variação da cotação paga ao produtor é baseada nas oscilações do preço da commodity no mercado mundial que sofre com frequência grandes variações sendo precificada internacionalmente, dessa forma, o valor do câmbio tem forte influência no mercado nacional da pimenta-do-reino (PAVÃO, 2022).

A Pimenta é altamente demandante de mão de obra em todas as etapas de produção, desde o plantio, condução da planta no tutor até a colheita, nesta última etapa, a grande quantidade de mão de obra utilizada é consequência da colheita ser realizada manualmente e de forma escalonada, além dos diferentes períodos de maturação do frutos (FILGUEIRAS *et al.*, 2004; MOREIRA *et al.*, 2006). Dessa forma, no Brasil, a atividade gera aproximadamente 30 mil empregos diretos durante o ano, e até 80 mil na época da colheita, caracterizando-se como uma importante fonte de renda para pequenos produtores rurais (RODRIGUES; POLTRONIERI; LEMOS, 2017).

Dessa forma, é notável a importância social da cultura que de acordo com o IBGE em 2017 dos 32.799 estabelecimentos agropecuários com pimenta-do-reino no Brasil, 83% eram da agricultura familiar principalmente na região de Tomé-Açu, onde a atividade movimentou naquele ano, um valor em torno de 224 milhões de reais.

1.3 Nitrogênio, Potássio e a importância da adubação para a pimenteira-do-reino

O nitrogênio é um macronutriente essencial indispensável para os processos metabólicos dos vegetais, requerido em grandes quantidades pelas plantas ele está envolvido no processo

de formação de moléculas estruturais, como: aminoácidos (asparagina), coenzima, vitaminas (biotina, tiamina, niacina, riboflavina), proteínas, pigmentos, bases nitrogenadas (ácidos nucleicos), além de fazer parte da molécula de clorofila, os aminoácidos produzidos a partir do N são utilizados como sistema hormonal regulador do crescimento da parte aérea e da raiz (MALAVOLTA, 1997; TAIZ *et al.*, 2017).

Assim como o N, o potássio também é um macronutriente exigido em grandes quantidades pelas plantas, envolvido nos processos como abertura e fechamento dos estômatos, transporte de carboidratos, Fixação biológica de N, ativador de enzima: ATPase, carboxilase da ribulose bifosfato e manutenção estrutural dos cloroplastos. O potássio, de maneira geral, é o segundo nutriente mais exigido pelas culturas, depois do nitrogênio (FILGUEIRA, 2003; MALAVOLTA, 2006; TAIZ *et al.*, 2017).

De acordo com Kato (1978), o nitrogênio e o potássio são os macronutrientes mais exigidos pela pimenteira, enquanto que os micronutrientes são o Fe e o Mn (VELOSO *et al.*, 1998). Para Oliveira e Cruz (2001) entre os micronutrientes, o Mn seguido do Cu são os que apresentam maior potencial para limitar por deficiência o rendimento de pimentais adultos cultivados em latossolo amarelo, textura média.

Segundo a Embrapa (1997) a deficiência de N foi a principal causa dos baixos rendimentos de pimenta preta em 65% dos pimentais de Tomé-Açu, no Pará. Para Ouvrier e Taffin (1985), a quantidade de fertilizantes utilizados em um plantio dependerá da análise do solo, da folha e do manejo adequado para se obter maiores produtividades. Oliveira e Cruz (2001), em trabalho intitulado Efeito da adubação NPK na nutrição e produtividade da pimenta-do-reino, no município de Tomé -Açú/Pa, enfatizam que as respostas da cultura aos nutrientes na fase de produção sofrem influência das características do solo, histórico da área, sendo a produção resultado tanto da fertilidade natural dos solos, como das adubações de plantio.

De acordo com Kato (1978), plantas adultas de pimenta-do-reino necessitam anualmente do acréscimo de 90g de N, 10g de P, 120g de K, 80 g de Ca e Mg para sua manutenção e produção. Em trabalho realizado por Veloso *et al.* (1988) trabalhando com Adubação química de cultivares de pimenta-do-reino (*Piper nigrum L.*) em Latossolo Amarelo da Rodovia Transamazônica, encontrou exigências nutricionais diferentes a depender da cultivar. Para a cultivar Bragantina que apresentou maiores produções, as doses aplicadas foram 240 kg de N/ha, 60 kg P₂O₅/ha e 300 kg de K₂O/ha, resultando na produção de pimenta preta em torno de 2.300 kg/ha. Quanto a cultivar Cingapura, as maiores produções ocorreram com a aplicação de 240 kg de N/ha, 60 kg de P₂O₅/ha e 100 kg de K₂O/ha, com rendimento de pimenta preta em torno de 2.700 kg/ha. Na cultivar Guajarina, as maiores produções foram alcançadas quando aplicados

240 kg de N/ha, 180 kg de P₂O₅/ha e 100 kg de K₂O/ha, resultando na produção de pimenta preta em torno de 3.800 kg/ha.

A pimenta-do-reino é uma cultura exigente em nutrientes, especialmente durante a fase reprodutiva. Tais fatos foram evidenciados por Veloso e Carvalho (1999), os quais concluíram que a demanda por macronutrientes da espécie em área de cultivo na Região Amazônica obedece a seguinte ordem decrescente: N > K > Ca > Mg > P. As quantidades de macronutrientes extraídos e acumuladas em plantas de *P. nigrum* variam de acordo com cada elemento absorvido, órgãos e tecidos, e idade da planta (VELOSO e CARVALHO, 1999; VELOSO *et al.*, 2000).

Dalazen *et al.* (2022) ao estudar o acúmulo de nutrientes em frutos e grãos de pimenta-do-reino em diferentes estádios de amadurecimento, encontrou o N em maiores concentrações nos frutos de pimenta verdes e nos grãos de cor vermelha, enquanto K foi o nutriente mais acumulado nas outras partes avaliadas do vegetal, os mesmos autores encontraram também, altos teores de potássio dentro do vegetal independente do estágio de maturação dos frutos, como micronutriente se destacou o Mg nos frutos maduros, enquanto que nos órgãos da planta foi o B.

Nos vegetais, ocorre uma estreita relação entre os níveis de N e os outros nutrientes, como o Mg, a absorção de magnésio por exemplo, é mais eficiente quando se aplica o Nitrogênio, desta forma em pimentais é possível se encontrar deficiência de Mg nas plantas só pela falta de adubação nitrogenada adequada (MALAVOLTA, 1983).

Portanto, conhecer as exigências nutricionais e comportamento dos nutrientes em pimentas-do-reino, permitirá aumentar a sustentabilidade dos cultivos e a aplicação desses nutrientes no momento exigido para a cultura.

1.4 Irrigação e fertirrigação

Responsável por vários processos metabólicos dentro do vegetal, a água é um fator imprescindível para o sucesso dos cultivos, em regiões onde as chuvas não atendem a necessidade hídrica do plantio, a irrigação é utilizada de forma complementar cujo propósito é suprir às necessidades fisiológicas da cultura, no momento adequado, de forma racional e sustentável (PIRES, 2008).

Entretanto, segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), a agricultura irrigada é conhecida como a maior usuária de água doce no mundo, sendo responsável pelo consumo de 72% da água utilizada atualmente pelo homem. Dados da FAO (2020), apontam o Brasil como

um dos dez países com a maior área equipada para irrigação, são mais de 8,2 Mha (milhões de hectares) que produzem alimentos utilizando diferentes técnicas de irrigação. Sendo 5,3 Mha (milhões de hectares) irrigados e 2,9 Mha fertirrigados.

De acordo com a ANA (2017), em 2015 a região norte possuía uma área irrigada de 194 mil hectares com capacidade de aumentar seu nível tecnológico e otimizar seus processos produtivos. Segundo Camargo (2016) o crescimento das áreas irrigadas na região, em especial no estado do Pará se deve a iniciativa da agricultura familiar através da produção de hortaliças e frutas no nordeste paraense, produzindo alimentos em maior quantidade e qualidade em períodos que a oferta desses produtos seria menor. Portanto, a irrigação contribui para a estabilidade e o aumento da oferta de alimentos e consequentemente aumento da segurança alimentar e nutricional da população brasileira (ANA, 2021).

No entanto, para o sucesso na aplicação dessa tecnologia, o produtor deve utilizar de técnicas racionais no manejo da água que consigam estabelecer a viabilidade técnica e econômica, maximizando a eficiência e minimizando os custos de produção (MANTOVANI *et al.*, 2013). Neste contexto, o manejo da irrigação assume papel importante no processo produtivo, pois dependendo dos estágios de desenvolvimento da cultura têm-se diferentes exigências hídricas, sendo importante ao produtor conhecer essas fases para melhor desempenho do plantio (ANA, 2021).

Atualmente, a pimenta-do-reino é irrigada principalmente via gotejamento. Porém, no Brasil o sistema de irrigação mais utilizado tem sido por aspersão convencional, especialmente nas Regiões Sul, Sudeste e Nordeste (COSTA *et al.*, 2020). No sistema de irrigação localizada, a água é aplicada diretamente no solo, no sistema radicular das plantas, utilizando pequenos volumes, sob pressão, com alta frequência, deixando a parte aérea das plantas secas, reduzindo a incidência de diversas pragas, principalmente fungos (EMBRAPA, 2008; MANTOVANI *et al.*, 2001).

O sistema requer alto capital inicial de investimento quando comparado a outros sistemas de irrigação, porém menor gasto com mão de obra para manutenção, e considerando a preocupação com os recursos hídricos é uma das melhores técnicas para irrigar consumindo menos água e fertilizantes (COELHO *et al.*, 2005; BARROCA *et al.*, 2015).

A escolha do sistema de irrigação é uma das primeiras etapas para o desenvolvimento adequado nos plantios, adotando um manejo que integre os conhecimentos sobre as características edafoclimáticas da região, do solo e da cultura. Segundo Lopes *et al.* (2004) existem várias metodologias e critérios para estabelecer programas de irrigação, que vão desde simples turnos de rega a complexos esquemas de integração do sistema solo-água- planta-atmosfera. De acordo

Marouelli (2008), irrigar no momento apropriado e na quantidade adequada, juntamente com a escolha correta do sistema de irrigação, são os principais segredos para o sucesso da produção de pimentas. Entretanto, a irrigação pode ir além de disponibilizar água para os cultivos, pode vir a ser usada como forma de manejo da adubação, através da técnica da fertirrigação (MAROUELLI e SOUZA, 2011).

A fertirrigação tem um papel importante no desenvolvimento da agricultura em diversas regiões do País. No Pará, o uso da técnica ainda é restrito, de acordo com Manual de adubação do estado publicado em 2021, a difusão sustentável da tecnologia será importante para o crescimento de culturas como a pimenta do reino. Entretanto, percebe-se uma carência de informações científicas sobre a utilização da técnica nas culturas regionais e nas condições edafoclimáticas do estado.

A fertirrigação consiste na aplicação de fertilizantes via água de irrigação, diferindo significativamente da aplicação via solo, principalmente porque torna mais eficiente a absorção dos nutrientes (MAROUELLI e SOUZA, 2011). Visando complementar a adubação de plantio com a aplicação de fertilizantes solúveis ou líquidos dissolvidos na água de irrigação, uma das maiores vantagens de fertirrigar é a possibilidade de aplicação de forma parcelada os nutrientes recomendados (VIDIGAL *et al.*, 2019).

Coelho e Souza (2011), relata que a frequência de aplicação ou parcelamento de nutrientes deve ser feita de acordo com a marcha de absorção de nutrientes pela cultura nos seus diferentes estádios de desenvolvimento, permitindo que fertilizantes como o N que podem ser facilmente perdidos por evaporação venham a ser melhor aproveitados e as perdas reduzidas (SOUSA, 1998).

Entretanto, ao utilizar a marcha de absorção, normalmente, não ocorre o monitoramento da concentração de íons na solução do solo nem do estado nutricional da planta (PAPADOPOULOS, 1999) neste aspecto, seria mais indicado racionalizar o manejo da fertirrigação por meio da determinação da condutividade elétrica e da concentração parcial de íons na solução do solo (DIAS *et al.*, 2005).

Existem diferentes formas de manejo para a fertirrigação com o objetivo de monitorar a disponibilidade de nutrientes no solo. A utilização de extratores de solução é uma alternativa promissora para detectar a concentração iônica da solução do solo (SILVA *et al.*, 2013).

Os Extratores de Solução são equipamentos compostos por uma cápsula porosa, um tubo de polivinil, acoplado a uma câmara de pré-vácuo, que por sua vez possui uma saída que é interligado por um micro-tubo flexível de polipropileno permitindo a retirada de solução aquosa do solo, em diversas profundidades (COELHO *et al.*, 2010). Em trabalho realizado por

Oliveira *et al.* (2015), sobre Nutrição mineral do pimentão submetido a diferentes manejos de fertirrigação encontrou maior eficiência do manejo a partir do monitoramento da solução do solo, permitindo maior controle da concentração de sais e favorecendo a absorção de nutrientes pelas plantas.

Dessa forma, para efetuar um bom manejo da fertirrigação, é necessário conhecer como ocorre a distribuição da absorção dos nutrientes no ciclo da cultura. Entretanto, para aplicação correta de fertilizantes, é necessário que o produtor considere as variáveis, solo, água de irrigação, análise foliar, bem como a extração de fertilizantes pela cultura (RAIJ,1991). Quando se trata de solos arenosos, o uso da fertirrigação e o controle da concentração de nutrientes na solução do solo são mais complexos, pois esses nutrientes podem ser facilmente perdidos por lixiviação, fazendo-se necessário um maior número de aplicações.

Silva *et al.* (2018), trabalhando com movimento de nitrato e potássio em solo arenoso cultivado com videira (*Vitis vinifera* L.) fertirrigada no Semiárido, percebeu que o aumento das doses de N e K₂O aplicadas via fertirrigação por gotejamento apesar de eficiente provocava perdas significativas de nutrientes, recomendando assim, uma maior divisão da aplicação de fertilizantes para minimizar o movimento descendente de nutrientes em solos arenosos.

1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, F. C.; CONDURÚ, J. M. P. Cultura da Pimenta do Reino na Região Amazônica. **Instituto de Pesquisa Agropecuária do Norte**. Vol.2. nº3. Belém. 1971.

ANA- Agência Nacional de Águas. **ATLAS IRRIGAÇÃO: Uso da Água na Agricultura Irrigada**. Brasília – DF, 2017.

ANA- Agência Nacional das águas. Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos da agência nacional de águas. Brasília – DF, 2021.

ANDRADE, C. G. C.; SILVA, M. L.; SALLES, T. T. Fatores Impactantes no Valor Bruto da Produção de Pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) no Pará. **Floresta e Ambiente**. [online]. v. 24, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.145615>.

BARROCA, M. V.; BONOMO, R.; FERNANDES, A. A.; SOUZA, J. M. Lâminas de irrigação nos componentes de produção das pimentas ‘De cheiro’ e ‘Dedo-de-Moça’, **Revista Agro@mbiente**, v. 9, n. 3, p. 243-250, jul/set, 2015.

BASTOS, T. X.; GOMES, M. R. A.; CORREA, M. **Padrão climático e variabilidade das chuvas em Tomé-Açu e suas implicações para as culturas da pimenta-do-reino e cupuaçu**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental: JICA, 1997. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa, 25).

BRANDÃO, Á. L. DE A.; TAFANI, R. R.; LIMA, L. P. Viabilidade Econômica Do Cultivo Da Pimenta-Do-Reino Na Região Cacaueira Da Bahia: análise dos custos de exploração de pimenta-do-reino na região cacaueira da Bahia. **Centro de Pesquisa do Cacau**. 16p. Ilhéus, Bahia. 1978.

COELHO, E. F.; SANTOS, M. R.; COELHO FILHO, M. A. Distribuição de raízes de mamoeiro sob diferentes sistemas de irrigação localizada em Latossolo de Tabuleiros Costeiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.27, n.1, p.175-178. 2005.

COELHO, E. F.; COSTA, E. L.; BORGES, A. L.; ANDRADE NETO, T. M.; PINTO, J. M. Fertirrigação. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v.31, n.259, p.58-70, nov./dez. 2010.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. Informações Agropecuárias. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro>. Acesso: 25 de novembro de 2022.

COSTA, Y. K. S.; SANTOS, H. C. A.; RIBEIRO, N. M. ; OLIVEIRA, S. J.; CESARIN, V.; CARVALHO, L. B. Cultivo de pimenta-do-reino. **Revista Agronomia Brasileira**. v. 4, 2020. Disponível: <http://www.fcav.unesp.br/rab> e-ISSN 2594-6781.

DALAZEN, J. R; GONTIJO, I.; PAYE, H. S.; VALANI, G. P.; TOMAZ, M. A.; PARTELLI, F. L. Macronutrient dynamics in leaves and bunches of black pepper. **PESQUISA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA (ONLINE)** , v. 55, p. 1-11, 2020.

DALAZEN, J. R.; VALANI, G. P.; VIEIRA, H. D.; RAMALHO, J. C.; LACERDA JUNIOR, V.; ROMAO, W.; PARTELLI, F. L. Nutrient accumulation in fruits and grains of black pepper at different ripening stages. **CIÊNCIA RURAL**, v. 52, p. 1-9, 2022.

DIAS, N. S.; DUARTE, S. N.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; SOARES, T. M. Manejo da fertirrigação e controle da salinidade do solo sob ambiente protegido, utilizando-se extratores de solução do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.4, p.496-504, 2005.

DUARTE, M. L. R. **Cultivo da pimenta-do-reino na região norte**. 1ª edição. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004.

DUARTE, M. L. R.; ALBUQUERQUE, P. S. B. Doenças da pimenteira-do-reino (*Piper nigrum*). **Manual de fitopatologia: Doenças de plantas cultivadas**. 4ª edição. São Paulo: Agro-nômica Ceres, 2005. p. 507-516.

EMBRAPA. **Coleção plantar: Pimenta-do-reino**. Embrapa informação tecnológica, 2º edição revisada e ampliada, 2013.

FAO. Food and Agriculture of the United Nations. Statistical Databases. Disponível em: Acesso em: 9 de fevereiro de 2022.

FAOSTAT. Estatística da FAO. 2020 Disponível em: https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity. Acesso: 08 de março de 2022.

FILGUEIRA, F. A. R. **Solanáceas**. 1. ed. Lavras: Editora UFLA, 2003. 333 p.

FILGUEIRAS, G. C.; HOMMA, A. K. O.; SANTOS, M. A. S. dos. **Conjuntura do mercado da pimenta-do-reino no Brasil e no mundo**. In: WORKSHOP DA PIMENTA-DO-REINO DO ESTADO DO PARÁ, 1., 2009, Belém, PA. Situação atual e alternativa para a produção sustentável. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. 1 CD-ROM.

FILGUEIRAS, G. C.; SANTOS, M. A. S.; SANTANA, A. C.; HOMMA, A. K. O. Fontes de crescimento da produção da pimenta-do-reino no estado do Pará no período de 1979 a 2001. **In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL**, 42., 2004, Cuiabá. Dinâmicas setoriais e desenvolvimento regional: artigos completos. Cuiabá: SOBER: UFMT, 2004.

FRANZINI, V. I.; SILVA, A. R. B.; BOTELHO, S. M. **Área de plantio, calagem e adubação**. In: LEMOS, O. F.; TREMACOLDI, C. R.; POLTRONIERI, M. C. (Ed.). 1.ed. Boas práticas agrícolas para aumento da produtividade e qualidade da pimenta-do-reino no Estado do Pará. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

HOMMA, A. K. O. **Extrativismo, Biodiversidade e Biopirataria na Amazônia**. Brasília-DF, Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

HOMMA, A. K. O. **A Imigração Japonesa na Amazônia e sua contribuição ao desenvolvimento agrícola**. 2ª edição revista e ampliada. Brasília: Embrapa, 2016.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Produção Agrícola nacional e regional. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 março 2023.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Tabela 1613: área destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida,

rendimento médio e valor da produção das lavouras permanentes. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613#resultado>. Acesso em: 12 março de 2023.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Produção agrícola: Lavoura permanente. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/15/0/>

KATO, A.K. **Teor e distribuição de N, P, K, Ca e Mg em pimenteiras do reino (Piper nigrum, L.)**. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, 75 p. 1978.

LEMOS, O, F. et al. **Boas práticas agrícolas para aumento da produtividade e qualidade da pimenta-do-reino no Estado do Pará**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/994882/boas-praticas-agricolas-para-aumento-da-produtividade-e-qualidade-da-pimenta-do-reino-no-estado-do-para>. Acesso em: 27 de março de 2023.

LIMA, J. S. S. OLIVEIRA, R. B.; ROCHA, W.; OLIVEIRA, P. C.; QUARTEZANI, W.Z. Análise espacial de atributos químicos do solo e da produção da cultura da pimenta-do-reino (Piper nigrum L.). **IDESIA (Chile)**, v. 28, nº 2, p. 31-39, Maio - Agosto, 2010.

LOPES, A. S.; PAVANI, L. C.; CORÁ, J. E.; ZANINI, J. R. MIRANDA, H. A. Manejo da irrigação (tensiometria e balanço hídrico climatológico) para a cultura do feijoeiro em sistemas de cultivo direto e convencional. **Engenharia Agrônômica**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.89-100, jan./abr. 2004.

LOURINHO, M. P.; COSTA, C. A.; SOUZA, L.; SOUZA, L. NETO, C. O. Conjuntura Da Pimenta-Do-Reino No Mercado Nacional e na Região Norte Do Brasil. **Enciclopédia Biosfera**. v. 10 n.18. 2014. Disponível em: . Acesso em: 7 fev. 2022.

MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H.J. **Desordens nutricionais no cerrado**. Piracicaba: POTOFOS, 136p. 1993.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, p. 201 a 319, 1997.

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

MANTOVANI, E. C. **Avalia: Programa de avaliação da irrigação por aspersão e localizada**. Viçosa, MG: UFV, 2001.

MANTOVANI, E. C.; SALASSIER, B. PALARETTI, L. F. **Irrigação princípios e métodos**. 3º edição- Viçosa: Ed. UFV, 2013, 355p.

MARQUELLI, W. A. **Tensiômetros para o controle de irrigação em hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças. Circular técnica, n. 57, 2008. 15p.

MENEZES, A. J. A.; HOMMA, A. K. O.; ISHIZUKA, Y.; KODAMA, N. R.; KODAMA, E. E. Cultivo da pimenta do reino (Piper nigrum L.) com tutor vivo de gliricídia (Gliricidia sepium L.) para produção no Estado do Pará. **Revista de Agropecuária da Embrapa Amazônia Oriental**, 2016.

MORAES, V. H. F.; BASTOS, T. X. Viabilidade e limitações climáticas para as culturas permanentes e anuais com possibilidades de expansão na Amazônia Brasileira **In: INSTITUTO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO NORTE**. Zoneamento agrícola da Amazônia: 1ª. aproximação. Belém, PA, 1972. p. 123-153. (IPEAN. Boletim Técnico, 54).

MOREIRA, E. F.; MENEZES, I. C.; LEMOS, O. F. Concentrações de citocinina e carvão ativado na micropropagação de pimenta-do-reino. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.1, p.72-76, jan-fev, 2008

OUVRIER, M.; TAFFIN, G. Evolucion de la matieré minerále des bourres de cocotier laissées au champ. **Oléagineux**, v. 40, n. 8-9, p. 431-434, 1985.

OLIVEIRA, R.F. ; CRUZ, E. de S.; BASTOS ; J.B.; ALBUQUERQUE, F.C. de; MURAOKA, T.; SASAKI G.K. Aplicação do DRIS para determinação do estado nutricional de pimenta-do-reino em Tomé-Açu, PA. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1996, Belém. **Anais**. Belém: EMBRAPA-CPATU/JICA, 1997. p.259-67. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 89).

OLIVEIRA, R. F.; CRUZ, E. S. Efeito da adubação NPK na nutrição e produtividade da pimenta do reino, no município de Tomé -Açú- Pa. **Boletim de pesquisa**, nº 32 , fevereiro de 2001.

PAPADOPOULOSs, I. **Fertirrigação: situação atual e perspectivas para o futuro**. In: Folegatti, M.V. (ed.) **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. p.11-84.

PAVÃO, E. M. **Produção de pimenta do reino no estado do Pará : opções para intensificação produtiva e impactos nas emissões de CO2 eq**. Dissertação de mestrado, Fundação Getúlio Vargas, Escola de Economia de São Paulo, 73 p, 2022.

PIRES, R. C. M.; ARRUDA, F. B.; SAKAI, E.; RINALDO DE O. CALHEIROS, R. O.; BRUNINI, O. Agricultura irrigada. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, junho, 2008.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: CERES/POTAFOS, p. 343, 1991.

RODRIGUES, S.; POLTRONIERI, M.; LEMOS, O. Comportamento De Genótipos De Pimenteira-Do-Reino Cultivados Em Dois Tipos De Tutoros. **Enciclopédia Biosfera**, V. 14, N. 26, P. 197–205, 5 Dez. 2017.

SILVA, P. F.; LIMA, C. J. .G. S.; BARROS, A. C.; SILVA, E. M. DUARTE, S. N. Sais fertilizantes e manejo da fertirrigação na produção de tomateiro cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.17, n.11, p.1173–1180, 2013.

SILVA, A. O.; BASSOI, L. H.; SILVA, D. J. Nitrate and potassium movement in a sandy loam soil cultivated with fertigated grapevine (*Vitis vinifera*/L.) in the Brazilian semiarid. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 40, nº 5, Jaboticabal, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-29452018652>.

SOUZA, T. R.; SALOMÃO, L. C.; ANDRADE, T. F.; BÔAS, R. L. V.; QUAGGIO, J.A. Medida indireta da clorofila e sua relação com o manejo da adubação nitrogenada em plantas cítricas fertirrigadas. **Rev. Bras. Frutic.** V. 33, n.3, Set. 2011.

SOUSA, V. F.; MARROUELLI, W. A. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Embrapa Informação Tecnológica Brasília, DF 2011.

STEIN, R. L. B.; ALBUQUERQUE, F. C.; DUARTE, M. L. R.; NUNES, A. M. L.; CONTO, A. J.; FERNANDES, J. E. L. R.; MELO, C. F. M.; SILVA, A. B.; KATO, O. R. POLTRONIERI, M. C. A cultura da pimenta-do-reino. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental - Brasília : EMBRAPA-SPI, 1995. 58p.- (**Coleção plantar; 21**).

TAIZ, L.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6ª edição. Porto Alegre. Artmed, 2017.

VELOSO, C. A. C.; KATO, O. R. ; ALBUQUERQUE, F. C; BRANDÃO, G. R. Adubação química de cultivares de pimenta- do -reino (*Piper nigrum L.*) em Latossolo Amarelo da Rodovia Transamazônica. **Comunicado Técnico**. Nº 01, p. 1-6, set/1988.

VELOSO, C.A.C.; MURAOKA, T. Diagnosis of macronutrient deficiency symptoms in black pepper (*Piper nigrum, L.*). **Scientia agric.** v. 50, nº 2 , Set, 1993. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-90161993000200010>

VELOSO, C. A. C.; MURAOKA, T.; MALAVOLTA, E.; CARVALHO, J. G. Deficiência de micronutrientes em pimenta do reino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, V. 33, n. 11, p. 1883-1888, 1998.

VELOSO, C. A. C.; CARVALHO, E. J. M. Absorção e extração de alguns nutrientes pela cultivar “guajarina” de pimenta-do-reino. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 2, p. 443–447, 1999.

VELOSO, C. A. C.; CARVALHO, E. J. M.; MALAVOLTA, E.; MURAOKA, T. Resposta de cultivares de pimenta-do-reino aos nutrientes NPK em um Latossolo Amarelo da Amazônia Oriental. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 2, p. 343–347, 2000.

VIDAL, F. **Evolução do cultivo de pimenta-do-reino na área de atuação do BNB**. Caderno Setorial Etene. Ano 5, n. 146. 2020.

2 DESENVOLVIMENTO E FISIOLOGIA DA PIMENTEIRA-DO-REINO SUBMETIDA A DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO VIA FERTIRRIGAÇÃO.

2.1 INTRODUÇÃO

Originada na Índia, a Pimenteira-do-reino (*Piper nigrum L.*) é uma planta trepadeira, perene, que se caracteriza por apresentar em seus frutos elevado teor de alcaloides que lhe conferem uma pungência característica e dão a cultura o destaque como uma das especiarias mais importantes do mundo, sendo utilizada na produção de remédios, inseticidas, perfumes, embutidos e temperos (PEREIRA *et al.*, 2014; ANDRADE *et al.*, 2017; VIÉGA e MARCUCCI, 2018).

Segundo dados do IBGE, a produção brasileira de pimenta de reino em 2021 foi de 118.057 mil toneladas em 37.994 mil hectares, tendo o Espírito Santo como o maior produtor nacional, responsável por 61 % da produção, seguido pelo Pará e a Bahia. No Pará, a produção de pimenta-do-reino em 2022 foi de 35.469 mil toneladas, sua produção ainda expressiva é resultado da grande área cultivada e não do aumento da produtividade nos plantios, fato que fez com a região perdesse em 2017 seu lugar como a maior produtora nacional, em consequência possivelmente da carência de informações técnicas e falta da utilização de tecnologias que venham proporcionar um aumento da produção por hectare, dentre essas tecnologias, podemos citar, o manejo da adubação (FILGUEIRAS, 2003, PARTELLI *et al.*, 2014).

O nitrogênio e o potássio são macronutrientes essenciais indispensáveis para os processos metabólicos dos vegetais, requeridos em grandes quantidades, eles estão envolvidos nos processos de formação de moléculas estruturais, como: aminoácidos, coenzima, vitaminas, moléculas de clorofila, regulação osmótica (PAULILO *et al.*, 2015; TAIZ *et al.*, 2017).

Dentre as formas de se executar o manejo da adubação, a fertirrigação tem ganhado destaque, a tecnologia viabiliza não apenas o uso racional de fertilizantes, mas também sua aplicação adequada através da agricultura irrigada (COELHO *et al.*, 2010). Segundo Aragão *et al.* (2012), a fertirrigação consegue flexibilizar a aplicação de nutrientes como o N que é absorvido em quantidades variadas ao longo do ciclo de cultivo das plantas, influenciando diretamente no crescimento da cultura.

Estudos realizados em solos arenosos, demonstram que ao se utilizar a fertirrigação nas áreas de cultivo se tem uma melhor assimilação de N e menor perda do nutriente por lixiviação, além disso, é possível que ao utilizar fontes adequadas de adubo levando em consideração as

características do solo e de fertilizantes a absorção e crescimento da cultura seja mais eficiente que em plantios com adubação convencional (GUERTAL, 2009; KAMIMURA *et al.*, 2020).

Segundo Souza *et al.* (2013) o manejo da adubação é de grande importância para manter uma produção de qualidade e obter frutos com padrão comercial, entretanto, para isso é preciso ter um adequado manejo dos nutrientes a serem disponibilizados através da fertirrigação, deve-se conhecer a dinâmica desse nutriente na solução do solo. De acordo com Dias *et al.* (2005), os extratores de vácuo vêm sendo utilizados para drenar a solução do solo e a partir dela determinar a condutividade elétrica e a concentração de íons através de aparelhos portáteis. Segundo Lima (2009), a leitura com esses aparelhos é realizada instantaneamente quantificando íons e auxiliando na tomada de decisão *in loco* sobre as aplicações nutricionais.

Sabe-se que a pimenta-do-reino tem uma importância econômica e social muito forte na região paraense, por esse motivo deve-se sempre buscar técnicas que permitam otimizar os recursos produtivos e aumentar a produtividade das lavouras trazendo maior retorno ao produtor, isso pode ser conseguido através da utilização e manejo de tecnologias como fertirrigação. No entanto, no Pará o uso da fertirrigação ainda é restrito, além disso, percebe-se uma carência de informações científicas sobre a utilização da técnica nas culturas regionais e nas condições edafoclimáticas do estado (LIMA JUNIOR *et al.*, 2020).

Assim, o presente estudo teve como objetivo, determinar se o aumento das doses de N e K aplicadas via fertirrigação proporciona o melhor desenvolvimento da pimenta.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em campo, na área da empresa de Produtos Tropicais de Castanhal. Ltda (TROPOC) localizada no município de Castanhal – PA, situada a 40 m de altitude com coordenadas geográficas de 01° 17' 50" Sul e 47° 55' 20" Oeste (Figura 1).

Figura 1- Vista aérea da área experimental com pimenteira-do-reino fertirrigada na empresa Tropoc/ Castanhal-PA.



Fonte: LIMBERT (2021).

2.2.1 Aspectos edafoclimáticos da área

O clima da região, segundo Köppen, é do tipo Af, com precipitação média anual de 2.432 mm e temperatura média anual de 26,5 °C. Para a realização da correção e adubação do solo foram retiradas amostras deformadas do solo na profundidade de 0-20 cm e 0-40 cm, posteriormente enviadas ao laboratório de solos da Embrapa, os resultados das análises químico-física do solo da área experimental, estão descritos nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1- Análise química do solo da área experimental (Empresa de Produtos Tropicais de Castanhal. Ltda (TROPOC)), Castanhal – PA.

Prof (cm)	P	K	Na	Al	Ca	Ca+Mg	pH	H+Al	CTC		SB
	mg/dm ³			cmol _c /dm ³			água	cmol _c /dm ³	Total	Efetiva	
cmol _c /dm ³											
0-20	34,2	40,8	10	0,04	2,01	3,49	5,3	2,76	6,45	3,73	54,57
20-40	16,5	28,2	8	0,02	1,84	2,93	5,5	3,37	5,63	3,06	52,21

Fonte: Laboratório de Análise de solo da Embrapa Amazônia Oriental.

Tabela 2- Análise Física do solo da área experimental (Empresa de Produtos Tropicais de Castanhal. Ltda (TROPOC)), Castanhal – PA.

Prof (cm)	Densidade		Porosidade			Água	Granulometria			
	Global	Partícula	(m ³ /m ³)			AD(m ³ /m ³)	Areia	Areia	Argila	Silte
Kg/dm ³										
		Total	Micro	Macro			Grossa	Fina		
0-20	1,566	2,594	0,354	0,080	0,274	0,190	291	442	127	140
20-40	0,438	2,584	0,699	0,064	0,605	0,225	166	539	135	160

Fonte: Laboratório de Análise de solo da Embrapa Amazônia Oriental.

De acordo com a Tabela 1, onde estão descritas as características químicas da área de cultivo, o pH encontrado na camada de 0-20 é de 5,3 e na de 20-40 e de 5,5 ambos estão dentro da faixa adequada para o desenvolvimento dos pimentais, entretanto, deve-se sempre buscar ter uma saturação de base de no mínimo 60% (OLIVEIRA *et al.*, 2020), por isso fez-se necessário a aplicação de calcário na área.

O solo da área é classificado como Latossolo amarelo de textura franco arenosa caracterizado por possuir um bom desenvolvimento de horizonte diagnóstico B latossólico, em sequência a qualquer tipo de A, e quase nulo ou pouco acentuado aumento de teor de argila de A para B (SBCS, 2018), grande parte de sua composição, 73,3% é areia, 14% de silte e 12,7% de argila, apresentando elevada quantidade de macroporos (Tabela 2), dessa forma, pode perder facilmente água e nutrientes para as camadas mais profundas do solo.

Possuindo características químicas, físicas e biológicas que podem interagir e causar problemas e perdas nos cultivos agrícolas, fez-se necessário conhecer as características da água utilizada na área experimental. A análise foi realizada em 2021 pela empresa CWR Engenharia e análises, na Tabela 3, encontra-se o resultado da análise química da água utilizada na irrigação do experimento, onde temos como parâmetros: alcalinidade total, Condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, amônia, cloretos, nitratos, dureza total, pH, ferro total e temperatura, tendo como parâmetros para os resultados a LD- Limite de detecção do método; SR- Sem referência; VMP- Valor máximo permitido. Nota-se que dentre os resultados o único que ultrapassou o valor máximo permitido foi o teor de ferro que esta cinco vezes maior do que o permitido ao consumo, entretanto, pode ser utilizado na água de irrigação sem causar danos severos. Dessa forma, todas as outras variáveis analisadas estão dentro das normas para a utilização desse recurso na produção agrícola.

Tabela 3 - Resultado da análise água utilizada na área experimental (Empresa de Produtos Tropicais de Castanhal. Ltda (TROPOC)), Castanhal – PA.

Análise química da água					
Parâmetros	Resultados	VMP	Unidade	LD**	Referência
Alcalinidade total	22,50	SR	mg/L	0,01	SMWW22°
Condutividade elétrica	30	SR	µs/cm	0,01	SMWW22°
Sólidos totais dissolvidos	12	500	mg/L	1,0	SMWW22°
Amônia	0,31	1,2	mg/L	0,01	SMWW22°
Cloretos	17,75	250	mg/L	0,1	SMWW22°
NITRATOS (como N)	1,60	10	mg/L	0,01	SMWW22°
Dureza total	24	300	mg/L	0,1	SMWW22°
Ph	5,78	6 a 9,0	SR	0 a 14	SMWW22°
Ferro total	0,15	0,3	mg/L	0,01	SMWW22°

Temperatura	23	SR	°C	100	SMWW22°
-------------	----	----	----	-----	---------

Fonte: CWR Engenharia e análises (2022).

2.2.2 Preparo do Solo e adubação de plantio

O solo da área experimental foi preparado utilizando uma grade aradora e niveladora, posteriormente, pelo menos 30 dias antes do plantio a calagem foi realizada na profundidade de até 20 cm (Figura 2), recomendação realizada com base na análise de solo para fins de correção da acidez, buscando a elevação da saturação por bases (V) para 60%, em seguida foram levantados leirões de 4 m de largura, 1 m de altura e 2 metros de distância entre si (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Figura 2 - Aplicação do calcário 30 dias antes do plantio na área experimental.

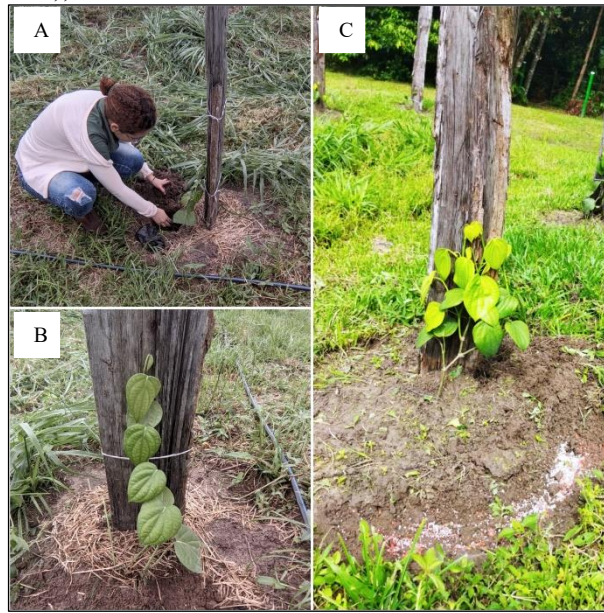


Fonte: Aguiar (2020).

De posse da análise química do solo, se realizou as adubações de plantio de acordo com o manual de recomendação do Estado do Pará (2020). A calagem, adubação de plantio e de cobertura foram efetuadas manualmente com base na análise química do solo. No primeiro ano, as quantidades de adubos aplicados basearam-se na recomendação por hectare com todo fósforo aplicado na cova com superfosfato triplo, compostagem, enquanto a adubação potássica, com cloreto de potássio e a nitrogenada com ureia, foram fornecidas parceladamente aos 30, 60 e 90 dias após o plantio das mudas. Os fertilizantes foram aplicados em semicírculo a cerca de 25 cm em frente do tronco da planta, cobrindo-se a mistura dos adubos com terra (Figura 3).

Figura 3 - Plantio de mudas de pimenta-do-reino (A e B) e realização de adubação de cobertura (C) em semicírculo no primeiro ano de cultivo, na área experimental (Empresa de Produtos Tropicais de

Castanhal. Ltda (TROPOC)), Castanhal – PA.



Fonte: A autora (2023).

A partir do 2º ano de plantio, ocorreu a diferenciação dos tratamentos, as adubações passaram a ser realizadas durante os meses de julho a dezembro, período seco, via fertirrigação com uma frequência de aplicação a cada 15 dias.

2.2.3 Caracterização da cultivar utilizada

Segundo Lemos (2011), a cultivar Bragantina também conhecida nacionalmente como Panniyur ou verdinha do Pará. Possui folhas largas e cordiformes, espigas longas com comprimento médio de 14 cm, superando o tamanho das demais variedades, suas flores são 100% hermafroditas favorecendo o bom enchimento de espigas e seus frutos são graúdos. Uma característica bem definida desta espécie é a coloração verde claro de seus brotos novos. Possui a seguinte composição química: 4,75% de óleos essenciais, 14,01% de oleoresina, 10,06% de resina, 41,56% de piperina e 29,62% de outros compostos. Maturação: final do mês de julho até outubro. Produção média: 3 kg de pimenta-preta/planta. Recomendada para locais mais chuvosos e solos ricos com maior retenção de umidade (EMBRAPA, 2014).

As mudas de bragantina foram produzidas e disponibilizadas pela empresa Tropoc, foram plantadas 384 plantas na área em abril de 2021, no sentido leste-oeste, tendo como suporte para condução um tutor morto (estacão) de 3 m que foi enterrado a 0,5 m do solo.

2.2.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC), os tratamentos

consistem de quatro doses de Nitrogênio e Potássio (0, 50, 100, 200 %) para o N (0, 30, 60 e 120 g por planta), o K (0, 35, 70 e 140 g por planta) (Tabela 4) baseadas na recomendação de nutrientes para a pimenta do reino (EMBRAPA, 2020), descrita na tabela abaixo (Tabela 5). O espaçamento utilizado para o cultivo foi de 2,20 x 2,20m entre planta e linhas, com três repetições, totalizando 24 plantas por tratamento, 8 plantas por parcela, sendo considerada para fins de análise apenas as plantas centrais, na Figura 4, tem-se a demonstração da parcela experimental.

Tabela 4 - Descrição das quantidades oferecidas de cada nutriente as plantas após a diferenciação dos tratamentos.

Tratamentos	P	N	K	Tratamentos	P	N	K
N0K0	20	-	-	N2K0	20	60	-
N0K1	20	-	35	N2K1	20	60	35
N0K2	20	-	70	N2K2	20	60	70
N0K3	20	-	140	N2K3	20	60	140
N1K0	20	30	-	N3K0	20	120	-
N1K2	20	30	35	N3K1	20	120	35
N1K3	20	30	70	N3K2	20	120	70
N1K4	20	30	140	N3K3	20	120	140

Fonte: A autora (2023).

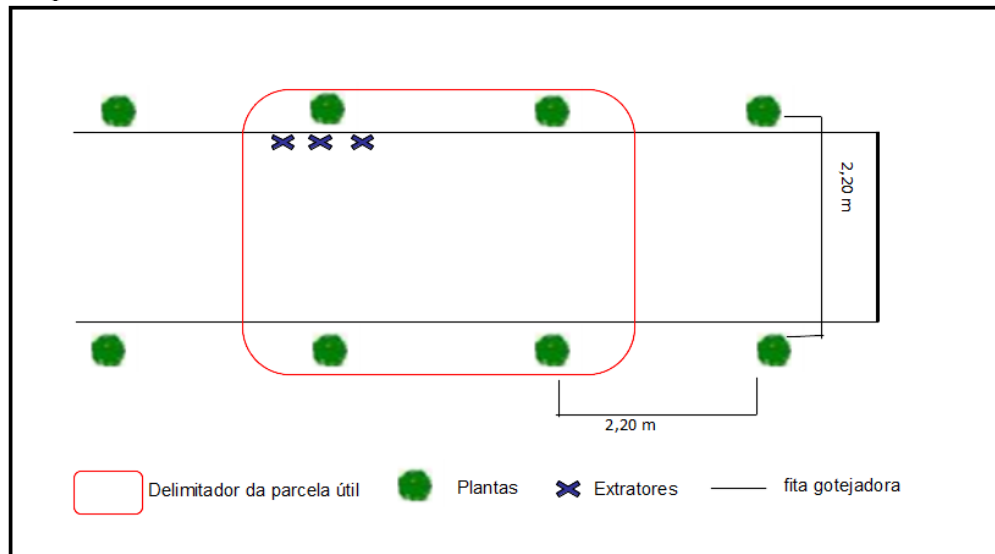
Tabela 5 - Necessidade de adubação para a Pimenteira-do-reino, de acordo com o Livro de recomendação do estado do Pará.

	N (g por planta)	P no solo (mg/dm ³)			K no solo (mg/dm ³)		
		0-10	11-20	>20	0-40	41-90	>90
		P ₂ O ₅ (g por planta)			K ₂ O (g por planta)		
1º ano	25	20	10	5	20	15	10
2º ano	60	40	20	10	70	40	20

Fonte: Manual de Recomendação do Estado do Pará (2020).

Figura 4 - Imagem demonstrativa da parcela experimental com pimenta-do-reino fertirrigada na

Empresa Tropoc em Castanhal-PA.



Fonte: A autora (2023).

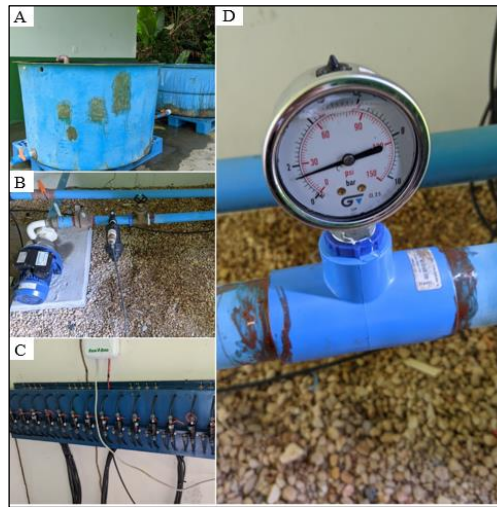
2.2.5 Instalação e Condução do Experimento

As plantas foram irrigadas via gotejamento, com vazão de $3,6 \text{ L/h}^{-1}$, e emissores espaçados 30 cm entre si. A irrigação foi realizada através de mangueiras gotejadoras auto-compensantes de polietileno aditivado, diâmetro nominal de 16 mm, com pressão de serviço de 8 mca no final da mangueira, e com emissores do tipo in – line. As mangueiras gotejadoras ficaram posicionadas dentro da parcela na superfície do solo de forma que cada mangueira com 30 emissores atenda uma fileira de plantas (total de 60 emissores/parcela).

As linhas laterais são conectadas diretamente às linhas de derivação de PVC onde foram instaladas em seu início válvulas solenóides de comando, localizadas no início de cada parcela. Essas válvulas são controladas por um painel de controle que fica dentro da casa bomba, no painel há 16 válvulas (Figura 5-C), cada uma responsável por um tratamento, cada válvula aciona 3 solenóides no campo, cada um responsável por uma parcela, por um tempo previamente programado para repor a lâmina de irrigação. Busca-se, em todas as irrigações, elevar a umidade a capacidade de campo (CABELLO, 1996).

Foi utilizado para o sistema de irrigação duas caixas d'água de 1000 L (Figura 5 -A), um filtro de disco, uma bomba elétrica de 2 cv (Figura 5-B), um filtro de tela, uma válvula reguladora de pressão de 10 mca inserida após o filtro de tela e um manômetro para determinação da pressão da água (Figura 5 -D). A pressão de água que sai da bomba é de 19,36 mca.

Figura 5 - (A) Caixa d'água utilizada para a realização da irrigação e fertirrigação; (B) cabeçal de controle: demonstração da bomba, filtro de tela e registro regulador de pressão; (C) painel de controle da irrigação; (D) Manômetro.



Fonte: A autora (2023).

Após a instalação do sistema de irrigação, foram realizadas avaliações hidráulicas para a determinação do desempenho do mesmo, através do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD). A análise de uniformidade foi realizada em dezesseis parcelas, sendo uma de cada tratamento. Foram colocados recipientes coletores de 100 mL em baixo de seis emissores centrais (Figura 6 - A), fazendo a coleta de água por um período de 2 min. De posse das médias das lâminas coletadas foi calculado, a partir da equação abaixo, o CUD.

$$CUD = \frac{q_{25}}{qm} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

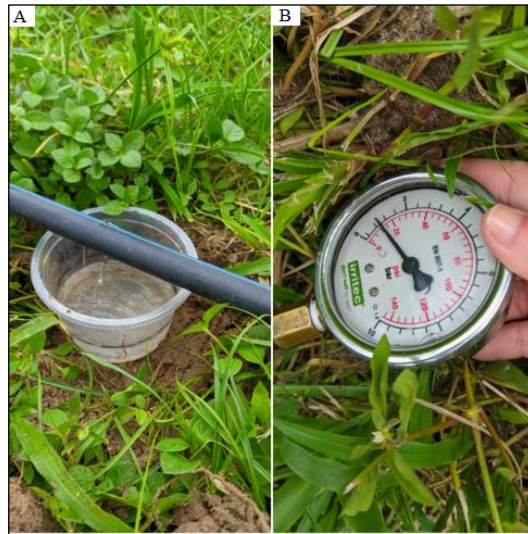
CUD = coeficiente de uniformidade e distribuição

q_{25} = média de 25% das menores vazões ($L h^{-1}$)

qm = media das vazões coletadas ($L h^{-1}$).

Além do CUD, foi analisada a pressão no final da linha de serviço, como pode ser observado na Figura 6 -B, nota-se que ao final da linha foi encontrado o valor de 0,8 bar, o que equivale a 11,60 psi ou 8 mca.

Figura 6 - Avaliação Hidráulica: (A) Demonstração da coleta de água no gotejador para a determinação do CUD; (B) Manômetro inserido no final da linha de serviço para análise da pressão da água nas mangueiras.



Fonte: A autora (2023).

2.2.6 Tratos culturais

Foi realizada a condução e amarrão da planta no tutor após o surgimento das primeiras gavinhas. Quando necessário houve a aplicação de decis, óleo vegetal e Nim no controle de mosca branca e formigas.

O controle do mato na área foi realizado por meio de roçagem nas parcelas e mondas ao redor das plantas, evitando-se o uso de enxadas como forma de prevenir possíveis machucados a raízes da pimenteira que poderiam vir a ser entrada para inúmeros patógenos.

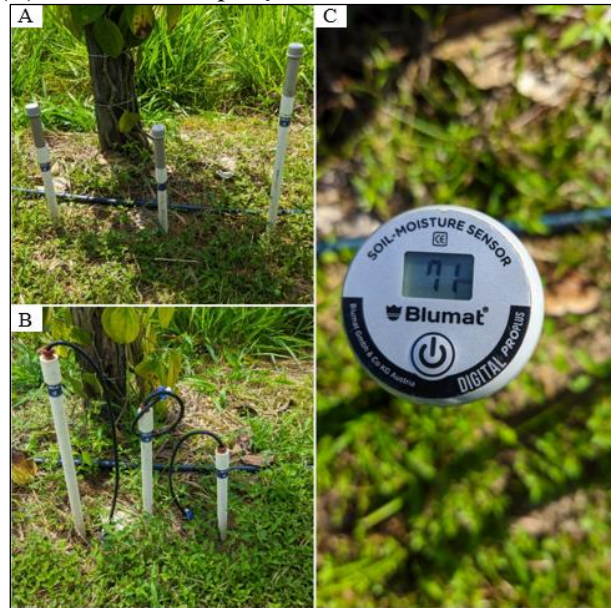
Após um ano de cultivo, antes da diferenciação dos tratamentos as pimenteiras foram podadas na altura de 1,30 m, com o intuito de que ao começar a diferenciação dos tratamentos tivessem o mesmo tamanho.

2.2.7 Manejo da irrigação e fertirrigação

Para o adequado manejo da irrigação, foram escolhidas duas parcelas de forma que pudessem representar a unidade experimental, em seguida, foram instalados seis tensiômetros de punção, 3 tensiômetros por parcela, sendo um a 20 cm, outro a 40 cm de profundidade, devido a maior concentração de raízes da planta responsáveis pela absorção de água e nutrientes se encontrarem na superfície do solo (que indicam o momento certo de irrigar) e o terceiro na profundidade de 60 cm para conhecimento da água perdida, percolação (MAROUELLI, 2008). As leituras nos tensiômetros foram realizadas durante a manhã, até 9 horas, utilizando-se um

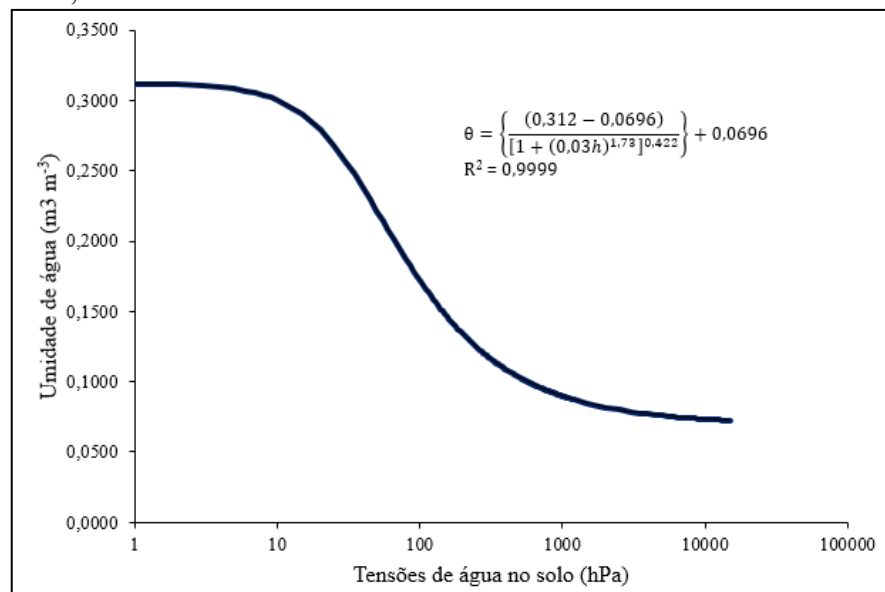
tensímetro digital de punção (Figura 7). O manejo da irrigação foi baseado na curva característica de retenção de água no solo obtida no perfil de 0 a 20 cm de profundidade do solo (Gráfico 1). As irrigações foram efetuadas quando pelo menos um dos tensiômetros ou a média dos dois alcançavam a tensão crítica de 15 Kpa.

Figura 7- Manejo da irrigação e fertirrigação: (A) Demonstração dos tensiômetros instalados, área para o manejo da irrigação; (B) Demonstração dos extratores instalados nas parcelas experimentais para o manejo da fertirrigação; (C) Tensímetro de punção.



Fonte: A autora (2023).

Gráfico 1 - Curva característica de retenção de água da área experimental com Pimenteira-do-reino na empresa TROPOC, Castanhal- PA.



Para determinação do tempo de irrigação foram utilizadas as equações 2, 3 e 4.

$$LL = (CC - PMP) * Z \quad (2)$$

Onde:

LL= Lâmina líquida (mm dia⁻¹)

CC= Conteúdo de água na capacidade de campo (10 Kpa).

PMP= Ponto de murcha permanente (15 Kpa)

Z= Profundidade efetiva do sistema radicular (40 cm)

$$LB = LL / Ea * CUD \quad (3)$$

Onde:

LB – Lâmina Bruta (mm dia⁻¹);

LL – Lâmina líquida (mm dia⁻¹)

Ea – eficiência de aplicação (96 %);

CUD - coeficiente de uniformidade de distribuição de água (96%).

Em seguida foi calculado o tempo de irrigação (TI) pela equação 4.

$$T = LB.A e.qa \quad (4)$$

Onde:

T – Tempo de funcionamento do sistema de irrigação;

LB – Lâmina Bruta;

A – Área ocupada por parcela, m² (38,72 m);

e – Número de emissores por parcela, (60);

qa – vazão média dos emissores, (3,6 L h⁻¹);

A injeção de fertilizantes ocorre pelo sistema de bomba injetora, a solução contida na caixa d'água foi inserida no sistema de irrigação, em uma concentração constante por meio de uma bomba elétrica de 2 cv acionada por um controlador, com pressão de serviço 10% maior que a da água de irrigação.

No manejo dos tratamentos, os adubos foram pesados, identificados e diluídos em água, sempre atentando à solubilidade e compatibilidade das fontes utilizadas (Figura 8). O tempo da fertirrigação e o volume de solução foram iguais para todos os tratamentos, a forma como a fertirrigação é realizada levou em consideração o proposto por Pinto et al. (2021) que consiste em três etapas:

1ª etapa: Deve utilizar um quarto do tempo em que o sistema ficará ligado, nesta etapa, o sistema de irrigação tem como objetivo equilibrar hidráulicamente as parcelas do tratamento como um todo.

2ª etapa: Ocorre a injeção dos fertilizantes no sistema de irrigação pela bomba injetora, esta deve ser a etapa mais demorada utilizando dois quartos do tempo.

3ª etapa: Nesta etapa, o sistema de irrigação deverá continuar funcionando, visando complementar o tempo total de irrigação, distribuir os fertilizantes, carregá-lo para camadas mais profundas do solo e realizar a limpeza do sistema de irrigação.

Antes da área ser fertirrigada, é verificada a condutividade elétrica da solução nutritiva concentrada (dS m^{-1}), e com o auxílio da bomba injetora, a solução fertilizante contida no reservatório é aspirada e incorporada na água de irrigação.

Figura 8 - (A) Pesagem dos adubos; (B) mistura e diluição dos adubos na água.



Fonte: A autora (2023).

Os fertilizantes utilizados na solução nutritiva da fertirrigação foram: nitrato de cálcio (15,5% de N e 19% Ca), nitrato de magnésio (11% de N e 9,3% de MgO), uréia (45% de N), cloreto de potássio purificado (60% de K), a adubação de fósforo no segundo ano ocorreu via solo, devido a não disponibilidade de adubos somente com o P no mercado.

2.2.8 VARIÁVEIS ANALISADAS

2.2.8.1 Análise climática da temperatura ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa (%) e precipitação da área experimental

Para elaboração dos gráficos de Temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), Precipitação (mm) e Umidade Relativa do ar (%), foram utilizados dados meteorológicos disponibilizados através do Site do INMET. O levantamento de dados realizado foi do município de Castanhal, local onde se

encontra instalada a unidade experimental com pimenteira-do-reino fertirrigada, foram coletados dados de janeiro de 2021 a dezembro de 2022, correspondendo ao tempo em que a cultura estava em campo. Foram considerados para fins de análise, os dias e meses que atendessem ao critério de ter mais de 70% dos dados, as lacunas de dados encontradas nos dias e meses a serem analisadas foram preenchidos com o auxílio da plataforma NasaPower, que leva em consideração a localização geográfica para fornecer dados daquela localidade. Para realização dos gráficos foi utilizado o programa Microsoft Excel.

2.2.8.2 Circunferência do caule- CC, Número de nós- N^o Nó e altura da planta- AP.

A Circunferência do caule- CC, Número de nós- N^o nó, e a altura da planta -AP foram realizadas 90 dias após a diferenciação dos tratamentos, para determinação da variável AP foi utilizada uma trena, dispendo a sua extremidade na base da planta rente ao solo posicionado verticalmente no sentido do topo da planta até a altura máxima média das folhas apicais, a demonstração da coleta de dados sobre a altura da pimenteira pode ser observada na Figura 9.

Figura 9 - Realização da medição de altura na planta (AP), em plantas de pimenteira-do-reino da área experimental (Empresa de Produtos Tropicais de Castanhal. Ltda (TROPOC)), Castanhal – PA.



Fonte: A autora (2023).

2.2.8.3 Teor de n na folha

A leitura indireta do teor de clorofila, foi realizada utilizando o clorofilômetro portátil modelo SPAD-502 PLUS, a leitura (índice SPAD) corresponde ao teor de pigmento na folha, e seu valor é equivalente a quantidade de luz transmitida pela folha em duas regiões de comprimento de onda, nas quais a absorção de clorofila é diferente (MALAVOLTA *et al.*, 1997). Dessa maneira, ele proporciona leituras instantâneas de uma maneira não destrutiva de folhas, é uma alternativa prática de indicação do nível de nitrogênio (N) na planta.

A leitura foi realizada pela manhã nos meses de outubro, novembro e dezembro de 2022,

para a coleta de dados, foi escolhida uma folha completamente expandida e fotossinteticamente ativa. Foram realizadas duas leituras por planta, totalizando 8 leituras por parcela. A medida SPAD foi calculada pela média das leituras das plantas de cada tratamento.

2.2.8.4 Analisador de CO₂ e vapor d' água por radiação infravermelha- Irga

As avaliações de trocas gasosas foram realizadas utilizando-se equipamento com sistema aberto de fotossíntese com analisador de CO₂ e vapor d' água por radiação infravermelha ("Infra Red Gas Analyser – IRGA", modelo Li-6400 XT, Li-COR Biosciences, Lincoln, EUA). As medidas foram calculadas a partir da diferença entre a concentração de CO₂ e o vapor d' água do ar de referência (valor presente na câmara sem a folha) e da amostra (valor com a folha presente na câmara), obtendo-se as concentrações de vapor d' água e CO₂ que foram liberados (transpiração – vapor d' água) e assimilados (assimilação de CO₂) através dos estômatos das folhas. As leituras com o Irga foram efetuadas após a realização da última fertirrigação.

A avaliação com equipamento ocorreu durante 3 dias, a cada dia um bloco era realizado, sendo selecionado para fins de análise as quatro plantas centrais utilizando a segunda folha totalmente expandida, as leituras ocorreram das 8:30 até 11:30 da manhã (Figura 10), isso ocorre porque o aumento da temperatura no decorrer do dia, provoca o fechamento dos estômatos, assim a fotossíntese apresentaria valores mais baixos e variações elevadas na troca gasosa.

As características de trocas gasosas analisadas foram: taxa de assimilação de CO₂ (A, $\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$), taxa de transpiração (E, $\text{mmol vapor d' água m}^{-2}\text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e concentração interna de CO₂ na folha (C_i , $\mu\text{molCO}_2 \text{ mol}^{-1}\text{ar}$). Além dessas variáveis, analisou-se também a WUE (eficiência instantânea no uso da água), que é a relação entre a fotossíntese líquida e a transpiração ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) / ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), e a TIC (taxa interna de CO₂) encontrada através da divisão entre a taxa de assimilação de CO₂ e a transpiração ($A, \mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$) / ($E, \text{mmol vapor d' água m}^{-2}\text{s}^{-1}$).

Figura 10 - Demonstração da avaliação realizada com o Irga na área experimental.



Fonte: A autora (2023).

2.9 Análise Estatística

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade e homoscedasticidade e ao teste de F e análise de Regressão a 5% e 1% de probabilidade, as análises foram realizadas com o auxílio do programa R 4.2.2. (R Development Core Team, 2021).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Condições climáticas durante o período experimental

Alves (2014) observou que para serem atendidas as exigências da pimenteira-do-reino em relação ao clima da região, é necessário considerar a distribuição das chuvas e a disponibilidade hídrica para a cultura durante o ano, bem como a ocorrência de períodos secos.

Segundo o INMET, os meses de maiores índices pluviométricos são abril e maio para os respectivos anos com precipitação mensal de 313,4 e 345,85 mm para 2021 e de 575,11 e 565,35 para 2022, já os meses mais secos do ano são agosto, outubro e novembro para o ano de 2021 com valores de precipitação mensal de 197,75, 129,86 e 192,51 mm, respectivamente para o ano de 2022 temos agosto, setembro e outubro como períodos mais secos com 137,22, 133,32 e 196,88 mm, respectivamente (Gráfico 2 A, B). Para Duarte (2004), a precipitação anual adequada a pimenteira está entre 1.500mm e 3.000mm. Gondim (1999) relata que com uma precipitação em média de 1400 mm ao ano é possível ter lavouras produtivas de pimentas.

No Gráfico 2B, pode-se observar uma melhor definição do período seco e chuvoso, nota-se também índices pluviométrico estão abaixo (fevereiro) e acima (novembro) do que esperado para esses meses, este fato pode ser justificado por um veranico que ocorreu em fevereiro provocando dias mais secos e uma frente fria vinda do oceano em novembro, o que causou chuvas fortes nos primeiros dias do mês (INMET, 2022).

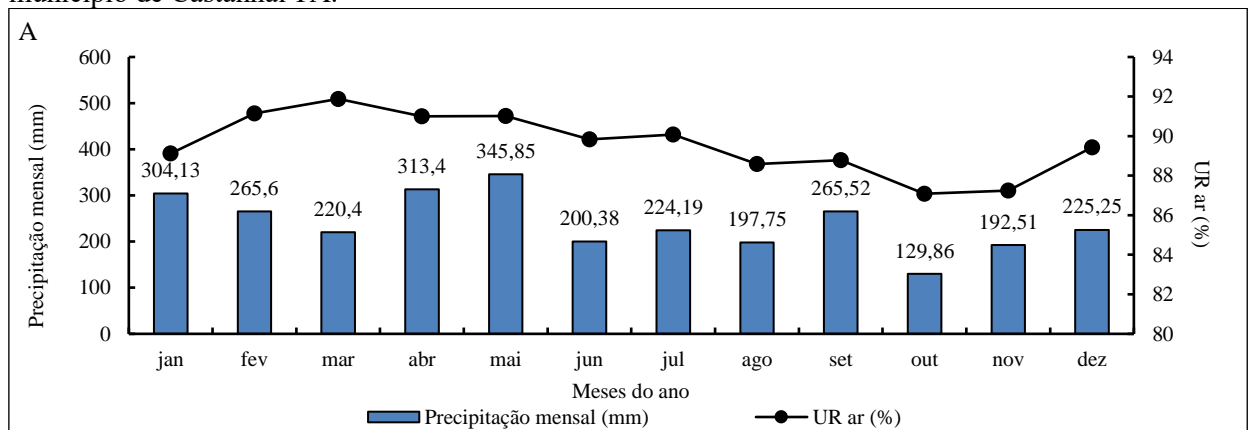
Duarte (2004) enfatiza que sobre o déficit hídrico, a cultura suporta ser cultivada a uma

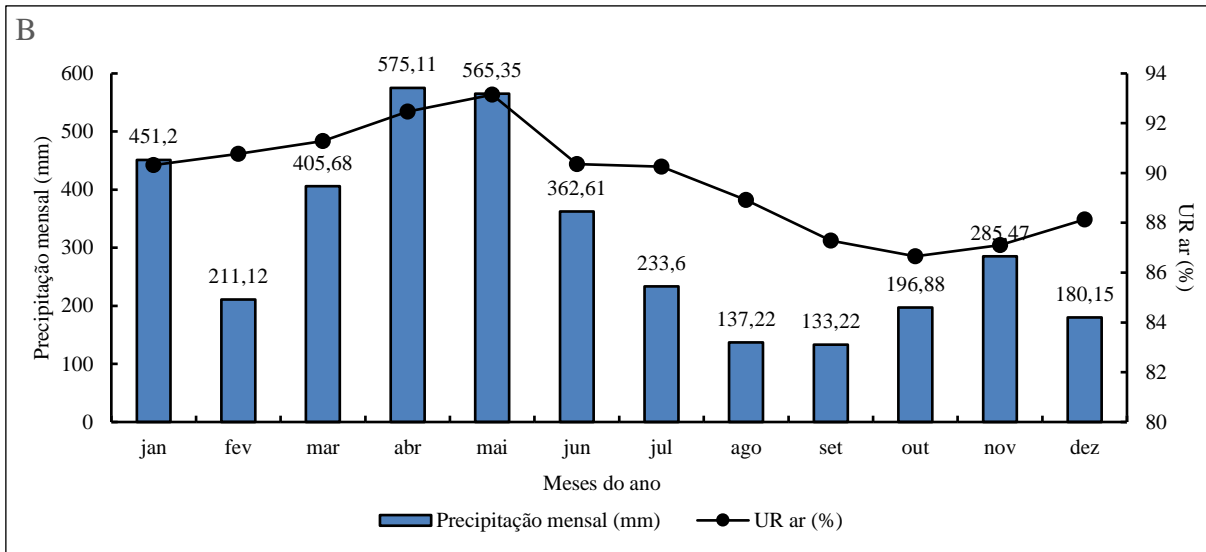
faixa que varia de 30 mm e 400 mm, entretanto, a pimenteira é altamente exigente em água principalmente no período de floração e frutificação, havendo assim a necessidade de se manter o solo com bom suprimento de água para evitar queda de produção. Dessa forma, faz-se necessário a utilização do sistema de irrigação nos períodos de estiagem, que na área experimental ocorreu durante o segundo semestre do ano de 2021 e 2022.

No Gráfico 2, é possível observar que os maiores valores de UR (umidade relativa) ocorreram nos primeiros meses do ano, de janeiro a maio nos dois anos analisados, chegando a 91% no mês de maio em 2021 e 93 % em maio de 2022, caracterizado como o período das águas, a UR máxima encontrada no período seco foi 87,08 em outubro de 2021 e 86,65 em outubro de 2022 esses valores corroboram com o apresentado por Duarte (2004), que enfatiza que a UR adequada aos cultivos da pimenteira-do-reino pode variar entre 80 a 88%. O mesmo valor de UR é apontado por Serrano *et al.* (2014), onde cita que UR ideal para cultivos das pimenteiras deve ser em torno de 80%. Ademais, nos meses analisados não houve períodos prolongados com umidade relativa abaixo de 60% e acima de 90% que segundo Duarte *et al.* (2006) pode ser prejudicial à cultura, pois UR muito baixa provoca aumento na taxa de transpiração e períodos com UR acima de 90%, proporciona o ambiente adequado para o aparecimento de doenças e diminui a absorção de nutrientes pelos cultivos.

Na prática, a irrigação é recomendada para áreas com precipitação abaixo de 100 mm, ao analisar os Gráfico 2 (A, B), nota-se que em nenhum dos meses do ano ocorre uma precipitação tão baixa na região, entretanto, faz-se necessário conhecer a distribuição dessas chuvas não apenas durante o ano (Gráfico 3 A, B), como também dentro dos meses para melhor realização das atividades nas áreas de cultivo (DUARTE *et al.*, 2006; SERRANO *et al.*, 2006).

Gráfico 2- Média mensal de precipitação e umidade relativa do ar para os anos 2021 (A) e 2022 (B) no município de Castanhal-PA.



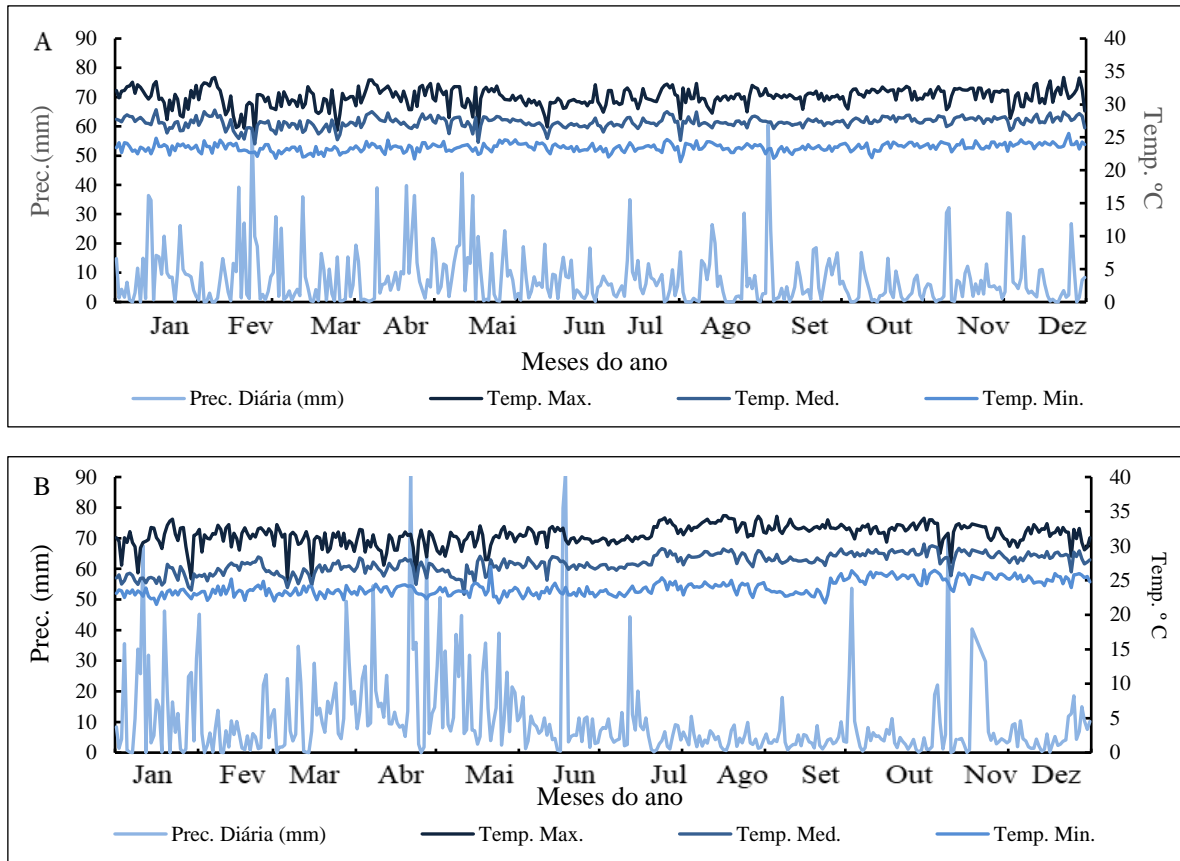


Fonte: INMET E NASAPOWDER (2023).

No Gráfico 3, encontra-se os valores médios diários de Temperatura max, min. e med. para os respectivos anos do trabalho em campo, nota-se que as maiores temperaturas acontecem no período de estiagem de julho a começo de dezembro. A temperatura mais elevada encontrada em Castanhal durante o período do experimento foi de 33,7°C é a min. foi de 21,3°C para o ano de 2021, já para 2022 a temp. max foi 34,4 °C em agosto e a menor 21,5 °C em janeiro. Esses valores corroboram com os citados por Lemos *et al.* (2014) que aponta como a temperatura média mensal adequada ao desenvolvimento da cultura uma temperatura entre 21 a 30°C.

Serrano *et al.* (2014) considera como faixa térmica mais favorável para o cultivo da pimenta temperaturas médias anuais entre 23 °C e 28 °C. Tem sido constatado que temperaturas muito altas prejudicam a floração e atribui-se que durante essa fase fenológica, temperaturas acima de 33 °C associadas ao estresse hídrico prejudicam a produção (MORAES e BASTOS, 1972; CARDOSO, 1978; ALVES, 2014).

Gráfico 3- Comportamento médio diário da precipitação e temperatura máxima, média e mínima para o município de Castanhal durante os anos de 2021/2022. A) Dados de precipitação (mm) e temperatura (° C) do primeiro ano de cultivo (2021). B) Comportamento da precipitação (mm) e temperatura (° C) no segundo ano, 2022.



Fonte: INMET E NASAPOW (2023).

3.2 Análise das variáveis agrônômicas estudadas na pimenteira-do-reino

As variáveis de crescimento como número de nó (Nº de N), Circunferência do caule (CC) e Altura de planta (AP), foram significativos a ($p < 0,05$) para as doses de nitrogênio e potássio fertirrigado. Com um coeficiente de variação de 15,45, 18,32 e 7,53%, para Nº de nó, CC e AP, respectivamente. Nota-se na Tabela 6, que todas as variáveis de crescimento tiveram um comportamento semelhante, onde as menores médias foram encontrados no tratamento com omissão dos adubos via fertirrigação, o tratamento testemunha, com 2,9 Nº de nó, 6,64 cm de CC e 1.95 m de AP.

Os tratamentos que apresentaram maior média nas variáveis como CC e AP, Tabela 6, foram os tratamentos N3K3 (120 g de N e 140 g de K) e N3K2 (120 g de N e 70 g de K), com 14 e 11, 63 cm de CC e 2.22 e 2.30 m de AP, respectivamente. É possível perceber que os maiores valores em CC estão ligados aos tratamentos que receberam as maiores doses de nitrogênio, e que os tratamentos com omissão de pelo menos um dos nutrientes tiveram sua taxa de crescimento reduzida. Já a variável número de nó teve como melhores tratamentos, o N2K2 (60 g de N e 70 g de K) e N2K3 (60 g de N e 140 g de K) com 4,2 e 4,1 Nº de nó respectivamente.

O nitrogênio é um nutriente que está envolvido na difusão e alongamento celular, por

isso é comum encontrar taxas de crescimento das culturas sendo reduzidas quando não adubadas com as quantidades adequadas, além disso, as plantas tendem a utilizar e assimilar nutrientes como o nitrogênio em doses mais elevadas do que realmente precisam e isso lhes garante um desenvolvimento mais acentuado em variáveis como AP e CC (BREDEMEIER e MUNDSTOCK, 2000; MARSCHNE, 2012).

Plantas submetidas a estresse nutricional tem diminuição na altura, no número de nós e na área foliar (CHEN *et al.*, 2018). Portanto, a baixa disponibilidade de N no solo pode afetar o metabolismo, a alocação de recursos, o crescimento e o desenvolvimento das plantas (XU *et al.*, 2012; HSIEH *et al.*, 2018).

Valores próximos ao encontrados nesse trabalho, foram identificados em estudo realizados por Rodrigues *et al.* (2022), que ao estudar a influência de tutores sobre o crescimento de Pimenteira-do-reino, a cultivar Bragantina teve um desenvolvimento de CC de 16,65 cm, esses valores estão abaixo do encontrado por Lemos *et al.* (2022) que estudando aspectos morfológicos de crescimento de diferentes cultivares de pimenteira-do-reino encontrou uma CC para a cultivar bragantina de 19,57 cm.

Estudo realizado por Guimaraes *et al.* (2010) em cafeeiro fertirrigado com diferentes doses de nitrogênio e potássio, os tratamentos com dosagem elevadas, acima da recomendação desses nutrientes, não apresentou diferença significativa entre as médias das variáveis crescimento como AP e número de nó. Magiero *et al.* (2017), estudando o crescimento vegetativo do Cafeeiro Conilon sob diferentes doses de N e K fertirrigado, não conseguiu encontrar efeito significativo para as diferentes doses de adubos no crescimento do vegetal. assim como nesse trabalho, onde não houve diferença significativa para as variáveis N de Nó e AP a dosagem de 60 e 120 g de N e 70 e 140 g são consideradas estatisticamente iguais. Porém, segundo esses mesmos autores, as dosagens mais baixas ou com omissão dos adubos comprometem o desenvolvimento dos cafezais.

Os resultados dessa pesquisa corroboram com o trabalho realizado por Oliveira e Cruz (2000), que ao estudarem doses NPK no desenvolvimento da pimenteira-do-reino encontraram 130 g de N e 123 g de K como quantidades adequadas a proporcionarem o melhor desenvolvimento de pimentais. Segundo Malavolta (1984), quando suprida com as dosagens adequadas de N, não havendo outros fatores, as plantas tendem a expressar seus melhores resultados em crescimento.

Tabela 6- Resposta das diferentes doses de nitrogênio e potássio fertirrigado para número de nó (Nº de N), Circunferência do caule (CC) e Altura de planta (AP) da pimenteira-do-reino, Castanhal-PA.

Circunferência do caule- CC				
Doses de N	Doses de Potássio			
	0	35	70	140
0	6,64 Aa	8,21 Aa	8,52 Aa	7,28 Aa
30	8,43 Aa	8,94 Aa	9,18 Aa	9,34 Aa
60	8,92 Aa	8,64 Aa	8,90 Aa	9,22 Aa
120	9,53 Aa	9,16 Aa	11,63 Aa	14 Aa
Número de nós				
N	Doses de Potássio			
	0	35	70	140
0	2,9 Aa	3,5 Aa	3,6 Aa	3,8 Aa
30	3,4 Aa	3,8 Aa	3,9 Aa	4,07 Aa
60	3,9 Aa	4,0 Aa	4,2 Aa	4,1 Aa
120	3,6 Aa	3,9 Aa	3,9 Aa	4,05 Aa
Altura da Planta- AP				
N	Doses de Potássio			
	0	35	70	140
0	195 Aa	210,44 Aa	218,11 Aa	213,33 Aa
30	220,66 Aa	214,11 Aa	214,00 Aa	214,44 Aa
60	211,77 Aa	210,11 Aa	221,44 Aa	218,67 Aa
120	215,77 Aa	217,77 Aa	230,00 Aa	222,11 Aa

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si no teste de Tukey ($P < 0,05$). Médias seguidas de mesma letra maiúscula, nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Alterações fisiológicas resultantes das diferentes doses aplicadas nos tratamentos foram observadas nas variáveis leituras do Spad, taxa de assimilação de CO₂ (A), trocas gasosas (gs) eficiência interna no uso água (WUE), Eficiência interna de Carboxilação (ECi) e concentração de carbono intracelular (Ci), para variável transpiração (E) os efeitos dos tratamentos não foram significativos a 5%.

A variável leitura do SPAD foi significativa a ($p < 0,01$) para a interação das doses de Nitrogênio e Potássio fertirrigado. No gráfico 4, tem-se a resposta da interação dos adubos fertirrigados na leitura do SPAD. Os maiores índices de leitura do SPAD foram alcançados nos tratamentos que receberam a dose de 100 e 200% dos adubos (60 e 120 g de N e 70 e 140 g de K).

A leitura do SPAD foi menor nas plantas com omissão dos adubos N0K0 com 32 concentração de N, houve um aumento até a dose de N3K3 (120 g de N e 140 g de K), com uma leitura de 52, nota-se também no Gráfico 4, que os tratamentos com doses elevadas de N e que não receberam potássio ou o receberam em menor quantidade tiveram leituras menores. Esse resultado pode ser justificado por Malavolta (1997) e por Taiz *et al.* (2017), onde a ausência de apenas um nutriente e prejudicial ao desenvolvimento do vegetal, dessa forma, a omissão ou diminuição das doses K fornecidas a pimentais vai restringir a absorção, assimilação e utilização do N para as plantas.

Segundo Wang *et al.* (2013), a deficiência de K está diretamente relacionada com baixos teores de clorofila e menores índices de SPAD. Dessa forma, essencial o suprimento da

quantidade mínima de K para que as plantas consigam realizar seus processos vitais como respiração, osmorregulação, rendimento produtivo (TAIZ *et al.*, 2017).

Na tabela 7 tem-se as leituras do Spad aos 90, 120 e 150 dias após a diferenciação dos tratamentos para todos os meses analisados houve interação entre as doses dos adubos, sendo significativo a ($p < 0,01$) além disso, o comportamento da maioria dos tratamentos é similar em todos os meses, as menores leituras de SPAD ocorrem no tratamento com omissão dos nutrientes (32, 66; 37,97 e 32,92) e os maiores valores são encontrados nas dosagem mais elevadas, dose 120 g de N e 140 de K (52, 60, 55) para os meses de outubro, novembro e dezembro, respectivamente.

Na avaliação do SPAD durante os meses do ano, é possível perceber um aumento nos valores até o mês de novembro, a partir do mês de dezembro começa a ocorrer uma diminuição, esse resultado pode ser justificado pelo período de floração da bragantina, por ser uma cultivar com o período de maturação precoce, o início da floração começou a ocorrer na segunda quinzena de dezembro, o que justifica a diminuição desses valores com a exportação dos nutrientes das folhas para as espigas, (HASANUZZAMAN *et al.*, 2018).

É possível perceber na Tabela 7, que os tratamentos com omissão de potássio, mas que receberam nitrogênio continuaram a aumentar seus teores de clorofila, índice de SPAD, provavelmente em consequência do excesso de N, que provoca distúrbios nutricionais e estimula acentuado crescimento vegetativo podendo causar retardamento na floração (HOFMAN e CLEMPUT, 2004).

Esses resultados corroboram com o descrito por Chapman e Barreto (1997) que relatam que o aumento dos valores dos índices de clorofila em aparelhos portáteis é reflexo das doses de Nitrogênio que provocam um aumento do teor de clorofila promovido pela maior concentração de N total nos tecidos foliares. Souza *et al.* (2011) ao estudar a Medida indireta da clorofila e sua relação com o manejo da adubação nitrogenada em plantas cítricas fertirrigadas, encontrou uma alta correlação entre as leituras do SPAD e as doses nitrogênio aplicadas via fertirrigação nas duas variedades de laranja. Schlichting *et al.* (2015), estudando eficiência de medidores portáteis de clorofila na avaliação do estado nutricional de plantas de trigo, enfatizou que o teor de clorofila está diretamente relacionado com a concentração de N nas folhas, resultado da absorção do Nitrogênio presente na solução do solo.

A disponibilidade de nutrientes pelas plantas afeta diretamente a atividade das enzimas envolvidas na absorção e transporte de nitrogênio, que está geralmente relacionada à síntese de clorofila. Portanto, quando as plantas se encontram sob deficiência de nitrogênio, a clorofila será degradada e frequentemente apresentará sintomas de clorose foliar e taxa

fotossintética reduzida (Wang et al., 2017).

Gráfico 4- Comportamento médio das leituras realizadas com o medidor portátil de clorofila (SPAD) nas folhas da pimenteira-do-reino fertirrigadas com N e K, Castanhal-PA.

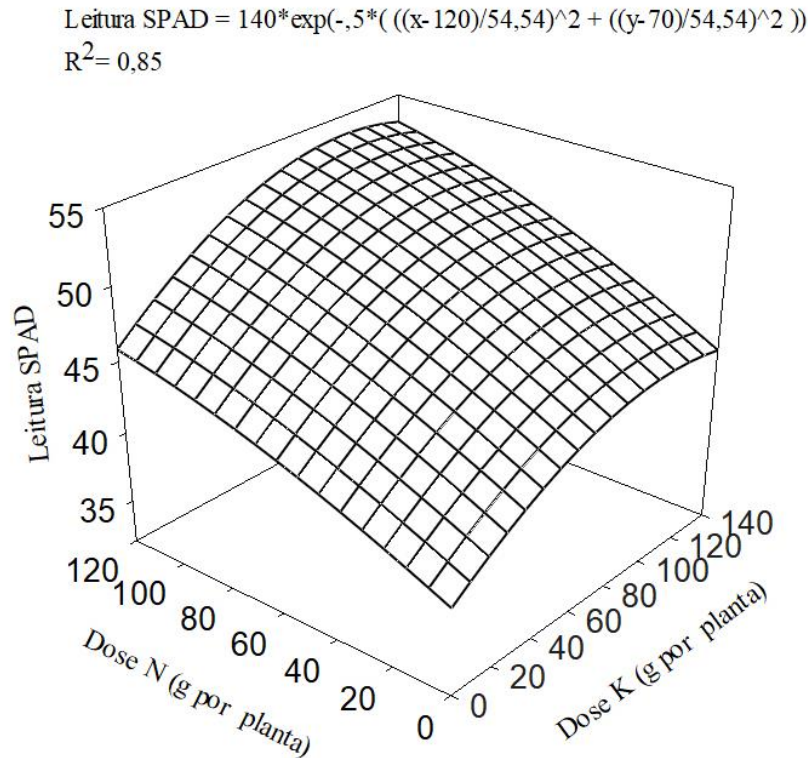


Tabela 7- Repostas das doses de Nitrogênio e potássio via fertirrigação na leitura do SPAD aos 90, 120 e 150 dias.

Leitura SPAD – 90 dias				
Doses de N	Doses de Potássio			
	0	35	70	140
0	32,66 c	39,98 Ab	47,96 Ab	44,75 Ab
30	46,6 Ab	44,21 Ab	44,85 Ab	43,22 Ab
60	40,51 Ab	42,63 Ab	45,46 Ab	49,82 Ab
120	38,69 Ab	48,02 Ab	48,47 Ab	52 Aa
Leitura SPAD – 120 dias				
N x K	0	35	70	140
0	37,97 c	41,17 Ab	43,47 Ab	40,49 Ab
30	47,68 Ab	42,23 Ab	45,06 Ab	45,6 Ab
60	42,35 Ab	49,3 Ab	48,07 Ab	48,3 Ab
120	42,26 Ab	53,46 Aa	54,96 Aa	60 Aa
Leitura SPAD – 150 dias				
N x K	0	35	70	140
0	32,92 c	48 Ab	44,51 Ab	42,56 Ab
30	43,16 Ab	49,24 Ab	46,27 Ab	47,05 Ab
60	47,98 Ab	49,76 Ab	47,52 Ab	47,73 Ab
120	44,40 Ab	49,92 Ab	52,82 Aa	55 Aa

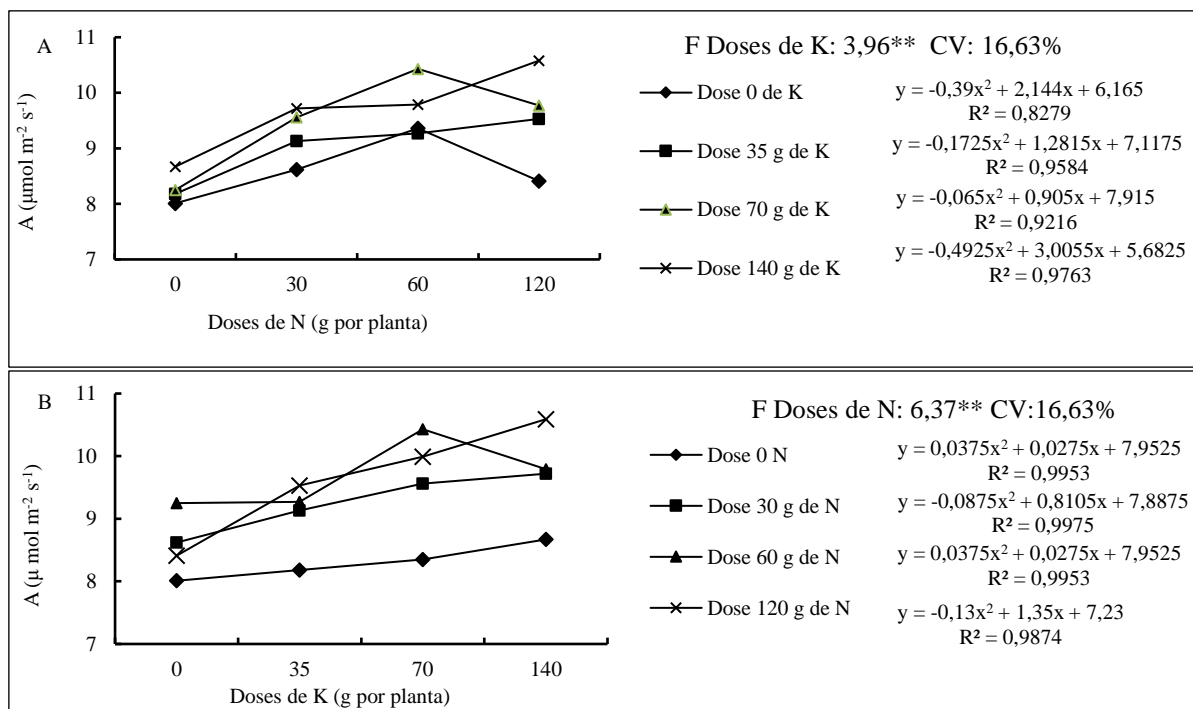
Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si no teste de Tukey ($P < 0,05$). Médias seguidas de mesma letra maiúscula, nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

A variável taxa de assimilação de CO_2 teve significância a ($p < 0,05$) para as diferentes

doses de N e K, com um coeficiente de variação de 16,63% foi realizado o ajuste da curva apresentando os seguintes valores de R^2 (0,82; 0,95; 0,92 e 0,97) para as doses de 0, 35, 70 e 140 K variado N e (0,99; 0,99; 0,99 e 0,98) para as doses de N variando o K (Gráfico 5).

As maiores taxas de assimilação de CO_2 (Figura 5A) (A), Gráfico 5, ocorreram nos tratamentos N3K3 (120 g de N e 140 g de K) e no tratamento N2K2 (60 g de N e 70 de K), com 10,58 e 10,43 $\mu mol m^{-2} s^{-1}$. A menor taxa de assimilação de CO_2 , foi verificada no tratamento testemunha que não recebeu potássio e nem nitrogênio com valor de 8,01 $\mu mol m^{-2} s^{-1}$, nota-se também nos gráficos que todos os tratamentos com dose 0 de N apresentaram as menores taxas de assimilação (A) quando comparados com os tratamentos que receberam doses mais elevadas dos adubos (Gráfico 5- B).

Gráfico 05- Comportamento da variável taxa de assimilação de CO_2 : A) Comportamento A ($\mu mol m^{-2} s^{-1}$) das doses de K variando N. B) Comportamento A ($\mu mol m^{-2} s^{-1}$) das doses de N variando K.

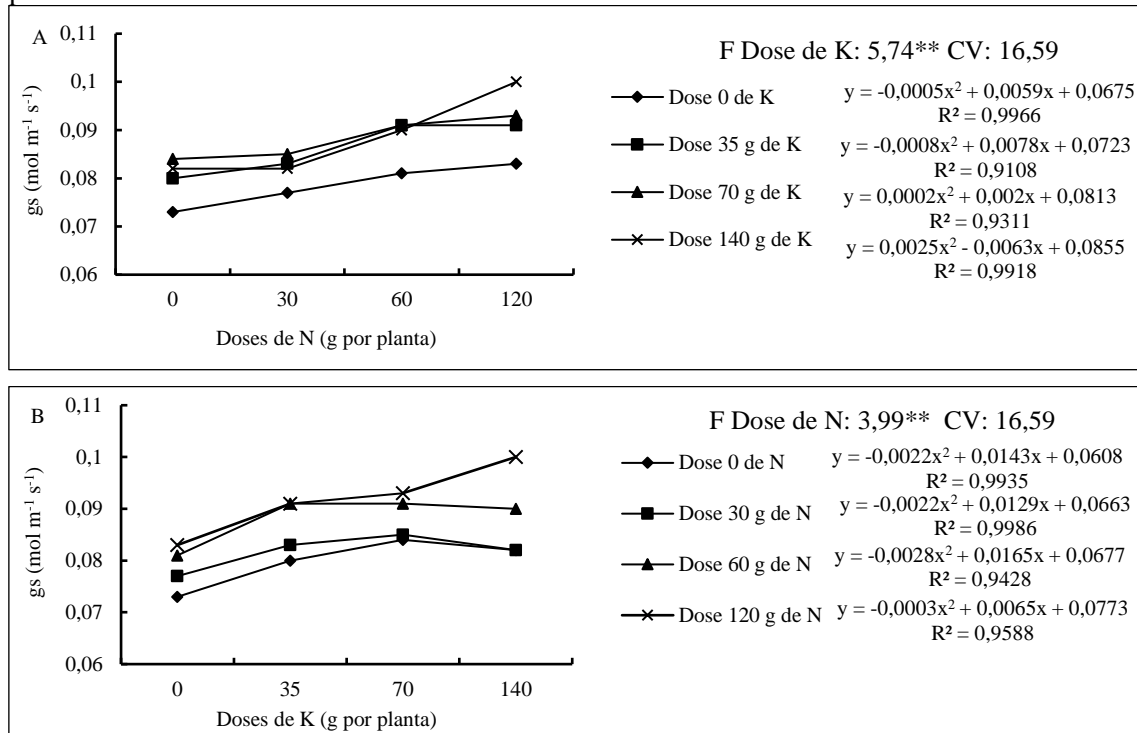


A variável troca gasosa foi significativa a ($p < 0,05$) para as doses de nitrogênio e potássio com um coeficiente de variação de 16,59% e um valor de F de 3,96% e 5,74% para o nitrogênio e potássio, respectivamente. Com os ajustes das curvas, foram encontrados os seguintes valores de R^2 (0,99; 0,91; 0,93 e 0,99), Gráfico 6- A, e para a doses de 0, 35, 70, 140 de K e (0,99; 0,91; 0,93 e 0,99) para as doses de 0, 30, 60, 120 N variando o K (Gráfico 6 - B).

Nota-se um comportamento semelhante a taxa de assimilação de CO_2 , onde a menor capacidade de troca gasosa (gs) aconteceram nos tratamentos com omissão dos nutrientes 0,073

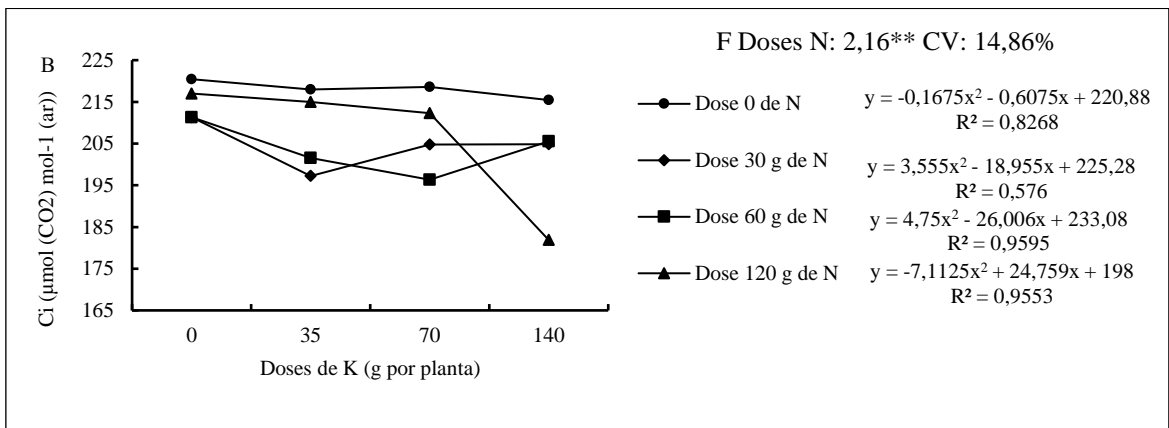
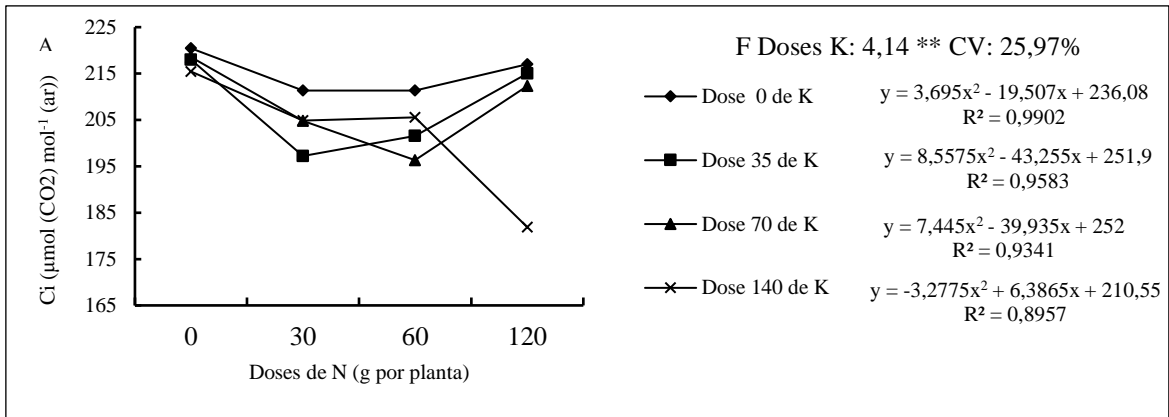
(mol m⁻¹ s⁻¹) até alcançar o valor máximo no tratamento N3K3 0,1 (mol m⁻¹ s⁻¹).

Gráfico 5- Comportamento da variável troca gasosa: A) Comportamento gs (mol m⁻¹ s⁻¹) das doses de potássio variando o nitrogênio. B) Comportamento gs (mol m⁻¹ s⁻¹) das doses de nitrogênio variando o potássio.



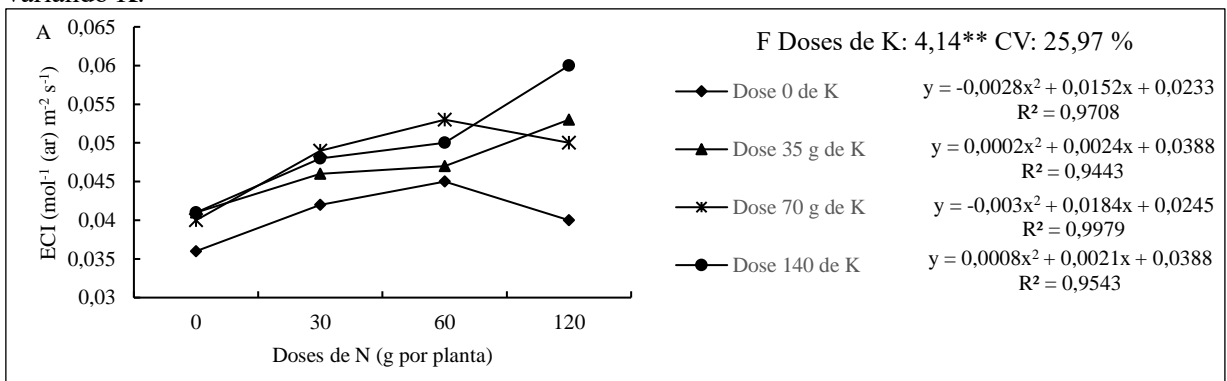
A variável concentração interna de CO₂ foi significativa para as doses de Nitrogênio e Potássio a ($p < 0,01$) e ($p < 0,05$) os valores da curva de R² são (0,99; 0,91; 0,85 e 0,89) para as doses de K variando o N, Gráfico 7- A, e (0,82 ; 0,57; 0,95 e 0,95) para as doses de N variando K , Gráfico 7 B. Nota-se que as maiores taxas de concentração de CO₂ foram encontradas nos tratamentos com omissão de N e K apresentando uma concentração de 220,44 μmol (CO₂) mol⁻¹ (ar) para a testemunha e menores concentrações para os tratamentos que receberam maiores dosagem dos nutrientes 181,88 μmol (CO₂) mol⁻¹ (ar) no N3K3 (120 g de N e 140 g de K) demonstrando que a taxa de assimilação de CO₂ e a concentração interna de CO₂ dentro do vegetal, podem ser inversamente proporcionais, pois ao utilizar o CO₂ assimilado do ambiente, as plantas tendem a diminuir sua concentração dentro do vegetal..

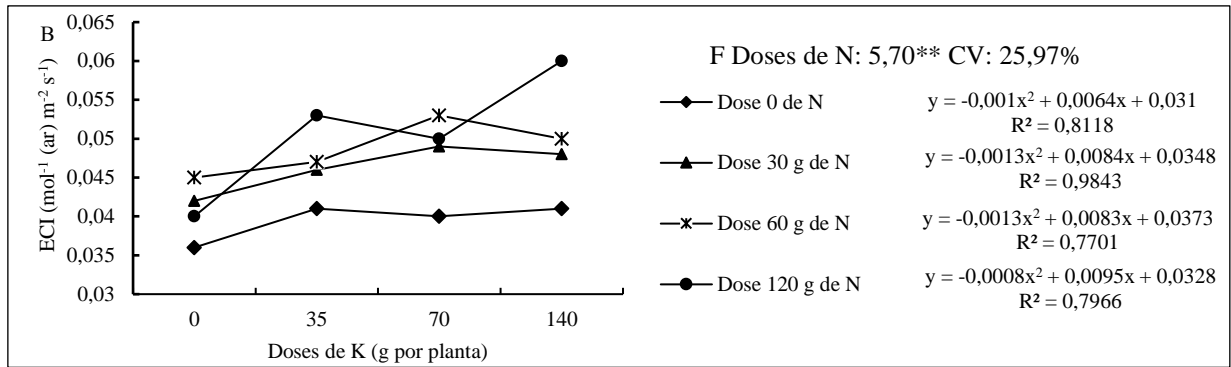
Gráfico 6- Comportamento da variável concentração intracelular de CO₂ A) Comportamento Ci (μmol (CO₂) mol⁻¹ (ar)) das doses de K variando N. B) Comportamento Ci (μmol (CO₂) mol⁻¹ (ar)) das doses de N variando K.



Apresentando resultados semelhantes ao encontrados na taxa de assimilação de CO₂, e contrários a Ci, a eficiência na taxa de carboxilação foi significativa ($p < 0,05$) para o N e K fertirrigados. As curvas apresentaram valores de R² (0,81; 0,98; 0,77; 0,79) e (0,97; 0,94; 0,99 e 0,95) para as doses de N e K (Gráfico 8, A-B), respectivamente. As menores taxas de Eficiência estão nos tratamentos com omissão dos nutrientes $0,036 \text{ mol}^{-1}(\text{ar})\text{m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, e as maiores taxas nos tratamentos que receberam dosagem elevada com os adubos $0,06 \text{ mol}^{-1} (\text{ar}) \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ no tratamento com 120 g de N e 140 g de K (Gráfico 09)

Gráfico 7: Comportamento da variável eficiência da taxa carboxilação: A) Comportamento ECI ($\text{mol}^{-1} (\text{ar}) \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) das doses de K variando N. B) Comportamento ECI ($\text{mol}^{-1} (\text{ar}) \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) das doses de N variando K.





Houve efeito significativo sobre as doses de adubo fertirrigado para a variável eficiência interna do uso da água- WUE, ($p < 0,01$) com um CV de 19,01%. Os tratamentos que apresentaram maior eficiência no uso da água foram os tratamentos N3K3 (120 g de N e 140 g de 0K) e o tratamento N2K2 (60 g de N e 70 g de K) 7,37 e 7,01 ($\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$) a menor WUE foi encontrada no tratamento testemunha com 4,65 ($\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$) Tabela 8. Nota-se também na tabela 8, que todos os tratamentos com a omissão de pelo menos um nutriente apresentou as menores taxas de WUE, influenciando diretamente na resistência que as plantas apresentarão as condições adversas como um veranico ou período de seca prolongado, podendo provocar sérios efeitos na realização das atividades primordiais as pimenteiras, tornando-as suscetíveis aos ataques de pragas e doenças fúngicas.

Tabela 8- Resposta da variável Eficiência interna no uso da água- WUE em pimenteiras-do-reino sob diferentes doses de nitrogênio e potássio.

K x N	WUE - $\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$			
	0	30	60	120
0	4,65 c	5,72 aB	5,41 aB	5,43 bc
35	5,44 aB	5,88 aB	5,97 aB	6,06 aB
70	5,23 aB	6,14 aB	7,01 aA	5,96 aB
140	5,46 aB	5,47 aB	5,86 aB	7,37 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si no teste de Tukey ($P < 0,05$). Médias seguidas de mesma letra maiúscula, nas linhas, não diferem entre si no teste de Tukey ($P < 0,05$).

3.3 Avaliação dos resultados obtidos com o Irga.

Desde a germinação até a produção de sementes, as plantas requerem varios macro e micronutrientes para o seu adequado desempenho, dentre esses nutrientes podemos citar o nitrogênio e o potássio que são utilizados para vários processos bioquímicos e fisiológicos dentro dos vegetais, responsáveis pelo crescimento e desenvolvimento das plantas, eles participam da molécula de clorofila, síntese de proteínas, metabolismo de carboidratos e ativação enzimática (WANG *et al.*, 2013; FAGERIA, 2016).

O estresse induzido pela indisponibilidade de nutrientes nas quantidades adequadas ao desenvolvimento da pimenteira provocou uma diminuição nas respostas ligadas as variáveis, taxa de assimilação de CO₂ (A), troca gasosa (gs), Eficiência na carboxilação (ECi) e Eficiência interna do uso da água (WUE).

Quando submetida em condições inadequadas ao seu desenvolvimento, a pimenteira começa a armazenar o CO₂ capturado do meio ambiente, não utilizando-o para a realização das atividades fisiológicas e bioquímicas, por isso altas concentrações de Ci e baixas taxas de assimilação de CO₂ são observadas nos tratamentos com baixas doses de adubos. Em contrapartida, quando em condições adequadas, maiores taxas de assimilação de CO₂ (A) ocorrerem nos tratamentos com doses elevadas dos adubos, possibilitando também que nesses tratamentos houvesse maior eficiência da carboxilação (ECi), ocorrendo assim, utilização de CO₂ para as atividades da planta.

Entretanto, valores muito baixos de concentração de CO₂ (Ci) podem reduzir a atividade da rubisco, pois se faz necessário grandes quantidades para suprir a fotossíntese, dessa maneira é necessário que haja não só uma grande disponibilidade de substrato (CO₂), mas também grandes quantidades de Rubisco para atender a fotossíntese (BUSH, 2020).

Estudo realizado por Sarabi *et al.* (2019) sobre limitações estomáticas e não estomáticas serem responsáveis pela regulação negativa da fotossíntese, relata que a baixa concentração de CO₂ nos cloroplastos reduz a atividade da carboxilação da rubisco e aumenta a atividade de oxigenação, dessa forma, a planta deixa de fazer fotossíntese e passa a fazer fotorrespiração. Esse estudo corrobora com os resultados do trabalho de Jiao *et al.* (2017), que relata que a baixa concentração de Ci pode provocar um declínio da fotossíntese.

Valores mais elevados de A e ECi nos tratamentos N3K3 (120 g de N e 140 g de K) e N2K2 (60 g de N e 70 g de K) significa dizer que as plantas estão utilizando o CO₂ captado do meio para a realização de suas atividades. Esse resultado é validado por trabalho realizado por Waraich *et al.* (2012), que ao estudar os nutrientes como forma de aliviar estresses nas plantas, relata que quando suprida com potássio em quantidades adequadas, as plantas tem sua fixação fotossintética de CO₂, transporte e utilização de assimilados aumentada quando comparadas a plantas com deficiência de potássio. Assim como potássio, segundo Taiz *et al.* (2017), a deficiência de nitrogênio causa diminuição nas taxas de cloroplastos nas folhas e conseqüentemente menor taxa fotossintética.

As doses de N e K também influenciaram as trocas gasosas e eficiência interna do uso da água, maiores taxas ocorreram nas plantas com as doses mais elevadas do adubo. A adequada redução estômática é necessária para a produção adequada de energia dentro do vegetal durante

o processo de fotossíntese, resfriamento da planta e transporte de água e nutrientes (TAIZ *et al.*, 2017). Na presença de K^+ , as células guarda estomáticas incham pela absorção de água seguida pela abertura estomática e pela permissão de movimento gasoso entre as plantas e o ambiente. Sob condições de déficit hídrico, o K^+ é bombeado para fora da célula-guarda, permitindo que os poros se fechem impedindo a entrada de água e ar (HASANUZZAMAN *et al.*, 2018; TAIZ *et al.*, 2017).

Hasanuzzaman *et al.* (2018), ao estudar o potássio como um regulador vital das respostas das plantas e tolerância a estresses abióticos, relata que o suprimento insuficiente de K afeta a funcionalidade dos estômatos, retardando o fechamento estomático ou impedindo que os poros se fechem. Corroborando com os resultados apresentados neste trabalho, em que não apenas o tratamento com omissão de N e K, mas também os tratamentos com a omissão de pelo menos um dos nutrientes teve sua WUE e gs sendo influenciado pela disponibilidade de nutrientes no solo.

Zhou *et al.* (2015) sugerem que o aumento do WUE sob estresse moderado está associado ao ajustamento de pontos-chaves do ciclo de Calvin da cadeia transportadora de elétrons cloroplástica e da fotorrespiração que permitem a prevenção da fotoinibição, a regulação da produção de espécies reativas de oxigênio e a manutenção do funcionamento do ciclo de Calvin.

Além disso, a presença de K provoca um gradiente osmótico na raiz ajudando a planta na absorção de água. Dessa forma, plantas com deficiência de nutrientes estão sujeitas a sofrer maiores consequências em períodos de estiagem, não conseguindo realizar suas rotas metabólicas de maneira eficiente, ficando suscetíveis a vários estresses, como a seca, frio, temperatura, salinidade e alta intensidade de luz, suscetibilidade ao ataque de pragas e doenças (WANG *et al.*, 2018; BIAN *et al.*, 2019).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Houve redução para todas as variáveis analisadas neste trabalho para os tratamentos com omissão ou baixas concentrações de N e K.

Maiores concentrações de CO_2 intracelular foram encontradas no tratamento com omissão dos nutrientes N e K, provavelmente devido a não utilização do CO_2 para a realização da fotossíntese.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos com concentrações altas dos adubos, precisando que sejam avaliadas características como produção para determinar a dose

produtiva e econômica adequada.

A pimenteira- do-reino é diretamente influenciada pelos adubos N e K que em quantidades inadequadas diminuem o crescimento, desenvolvimento e desempenho da cultura.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, C. G. C.; SILVA, M. L.; SALLES, T. T. Fatores Impactantes no Valor Bruto da Produção de Pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) no Pará. **Floresta e Ambiente**. [online]. v. 24, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.145615>.
- ARAGÃO, D. V.; CARVALHO, C. J. R. KATO, O. R.; ARAÚJO, C. M.; SANTOS, M. T. P.; MOURÃO JÚNIOR, M. Avaliação de indicadores de qualidade do solo sob alternativas de recuperação do solo no Nordeste Paraense. **Acta Amazonica**, v. 42, n.1, p. 11-18, 2012.
- ARAGÃO, V. F.; FERNANDES, P. D.; FILHO, R. R. G.; CARVALHO, C. M.; FEITOSA, H. O.; FEITOSA, E. O. Produção e eficiência no uso de água do pimentão submetido a diferentes lâminas de irrigação e níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 6, n. 3, p.207-216, 2012.
- BASTOS, T. X. PACHECO, N. A. MONTEIRO, D. C. A. **Zoneamento agroclimático para a pimenteira-do-reino no Estado do Pará**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 23 p. 2008.
- BASTOS, T. X.; GOMES, M. R. A.; CORREA, M. **Padrão climático e variabilidade das chuvas em Tomé-Açu e suas implicações para as culturas da pimenta-do-reino e cupuaçu**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental: JICA, 1997. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa, 25).
- BIAN, Z.; ZHANG, X.; WANG, Y.; LU, C. Improving drought tolerance by altering the photosynthetic rate and stomatal aperture via green light in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) seedlings under drought conditions. **Environmental and Experimental Botany**, v. 167, 2019.
- BUSCH, F. A. Fotorrespiração no contexto da bioquímica Rubisco, CO₂ diffusion and metabolismo. **The plant journal**, v. 111, 4. ed. p. 919- 939, 2020.
- CABELLO, F.P. **Riegos localizados de alta frequência (RLAF) goteo, microaspersión, exudación**. 3ª ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 511 p.
- CARDOSO, M. Instruções para a cultura da pimenteira-do-reino. (IAC. **Boletim**, 166) 2. ed. Campinas: IAC, 1978. 24p.
- CHAPMAN, S. C; BARRETO, H. J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**. 89: 557-562. 1997.
- CHEN, C. T.; LEE, C. L.; YEH, D. M. Effects of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, or magnesium deficiency on growth and photosynthesis of *Eustoma*. **HortScience**, v. 53, n. 6, 2018.
- COCHRANE, T. T.; COCHRANE, A. T. Vital role of potassium in the osmotic mechanism of stomata aperture modulation and its link with potassium deficiency. **Plant Signal. Behav.** V. 4, 240–243, 2009.
- COELHO, E. F.; COSTA, E. L.; BORGES, A. L.; ANDRADE NETO, T. M.; PINTO, J. M. Fertirrigação. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v.31, n.259, p.58-70, nov./dez. 2010.

DIAS, N. S.; DUARTE, S. N.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; SOARES, T. M. Manejo da fertirrigação e controle da salinidade do solo sob ambiente protegido, utilizando-se extratores de solução do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.4, p.496-504, 2005.

DUARTE, M. L R. **Cultivo da pimenta-do-reino na região norte**. 1ª edição. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004.

FAGERIA, N.K. **The Use of Nutrients in Crop Plants**; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2016

FILGUEIRA, F. A. R. **Solanáceas**. 1. ed. Lavras: Editora UFLA, 2003. 333 p.

GONDIM, A.W.A. **Geoeconomia e agricultura no Brejo Paraibano**. João Pessoa: Editora Universitária. 209 p, 1999.

HASANUZZAMAN, M. et al. Potassium: a vital regulator of plant responses and tolerance to abiotic stresses. **Agronomy**, v. 8, n. 3, p. 1-31, 2018.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia, 2022. Disponível: [https://bdmep.inmet.gov.br/\\$2a\\$10\\$1XiuJaMcI.zmBAva5wrlOUXH2z95rpwqELRL6xGAVsWlq84Puki.zip](https://bdmep.inmet.gov.br/$2a$10$1XiuJaMcI.zmBAva5wrlOUXH2z95rpwqELRL6xGAVsWlq84Puki.zip). Acesso em: 18/10/2022.

ISHIZUKA, Y.; KATO, A. K.; CONCEIÇÃO, H. E. O. ; DUARTE, M. de L. R. **Sistema de cultivo sombreado**. 1ª edição. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004.

JIAO, L.; WANG, L.; ZHOU, Q.; HUANG, X. Stomatal and non-stomatal factors regulated the photosynthesis of soybean seedlings in the present of exogenous bisphenol A. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 145, p. 150–160, 2017.

KIRKHAM, M. B. **Principles of Soil and Plant Water Relations**. 2ª Edição - Oxford: Elsevier, 572p. 2014.

LEMOS, O. F.; POLTRONIERI, M. C; MENEZES, I. C.; MONDIM, M. Conservação e melhoramento genético da pimenteira-do-reino (*Piper nigrum* L.) em associação com as técnicas de biotecnologia. **Embrapa Amazônia Oriental - Documentos (INFOTECA-E)**, 2011.

LEMOS, O. F.; RODRIGUES, S. M.; LIMA, J. P. C.; ARAÚJO, S. M. B.; PLTRONIER, M. C. Aspectos morfológicos de crescimento e produção de cultivares de pimenteira-do-reino em tutor sustentável de glirícidia na mesorregião do Baixo Tocantins-Pará. **Society and Development**, v. 11, n.14, 2022.

LEONARDO, F.A.P.; PEREIRA, W.E.; SILVA, S.M.; COSTA, J.P. da. Teor de clorofila e índice SPAD no abacaxizeiro cv. Vitória em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.35, n.2, p.377-383, 2013.

LIMA JUNIOR, J.A.; SOUZA, R.O. R. M.; ROSSINI, D. Fertirrigação. In: Edilson Carvalho Brasil, Manoel da Silva Cravo, Ismael de Jesus Matos Viégas. (Org.). **Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará**. 2ed.Brasília: Embrapa, v. 2, p. 161-183, 2020.

LIMA, C. J. G. S. **Calibração e manejo de extratores providos de cápsulas porosas e transdutores de pressão para monitoramento de íons na fertirrigação**. Dissertação (Mestrado em

Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz; Universidade de São Paulo, Piracicaba, 110p. 2009.

MARCELO MAGIERO, M.; BONOMO, R.; PARTELLI, F. L.; SOUZA, J. M. Vegetative growth in Conilon coffee under fertigation with different instalments and doses of nitrogen and potassium. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 11, n. 1, p. 31-39, jan-mar, 2017.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, p. 201 a 319, 1997.

MAROUELLI, W. A. **Tensiômetros para o controle de irrigação em hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças. Circular técnica, n. 57, 2008. 15p.

MARSCHNER P. Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3.ed. London: Academic Press, 651p, 2012.

MELO, L. D. F. A.; GONÇALVES, E. P.; RALPH, L. N.; S. VIANA, J. S.; SILVA, S. C. A. Physiological and Physical Quality of Seeds from Peanut Seeds and Plants under the Influence of Fertilizer and Biostimulant. **American Journal of Plant Sciences**, nº 6, p. 1594-1606. 2015.

MORAES, V. H. F.; BASTOS, T. X. Viabilidade e limitações climáticas para as culturas permanentes e anuais com possibilidades de expansão na Amazônia Brasileira **In: INSTITUTO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO NORTE**. Zoneamento agrícola da Amazônia: 1ª. aproximação. Belém, PA, 1972. p. 123-153. (IPEAN. Boletim Técnico, 54).

NASAPOWER. Prediction of worldwide energy resource. 2023. Disponível em: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>.

OLIVEIRA, F.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. S.; OLIVEIRA, M. K. T.; SILVA, R. C.P.; LIMA, K. S. Mineral nutrition of sweet pepper under different fertigation management. **Hortic. Bras.** nº 2, v.33, Apr-Jun, 2015. Disponível: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620150000200013>.

PEREIRA LOURINHO, M.; COSTA, C. A. S.; SOUZA, L. C.; SOUZA, L. C.; OLIVEIRA, C. F. Conjuntura da pimenta-do-reino no mercado nacional e na região Norte do Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n.18, p.1016-1031, 2014.

SALASSIER, B.; SOARES, A. S.; MANTOVANI, C. E. **Manual de irrigação**. 8º edição-Viçosa: Ed UFV, 625p, 2013.

SCHLICHTING, A. F.; SILVA, E. M. B.; SILVA, M. C.; SOUZA, W.P.; SILVA, T. J. A.; FARIAS, L. N. Efficiency of portable chlorophyll meters in assessing the nutritional status of wheat plants. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** V. 19, Nº 12, Dec 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n12p1148-1151>.

SERRANO, L. A. L. et al. A cultura da pimenta-do-reino do Estado do Espírito Santo. Vitória, ES: Incaper, 2006. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/1090/1/BRT-aculturadapimentadoreino-Incaper.pdf>. Acesso em: 15 de abr. 2023.

SERRANO, L, A, L. NOVAK, L, R.; LIMA, I, M. **Colheita e Pós-Colheita da Pimenta-do-Reino**. Vitória, ES: Incaper, p. 40, 2014.

SILVA, A. O.; BASSOI, L. H.; SILVA, D. J. Nitrate and potassium movement in a sandy loam soil cultivated with fertigated grapevine (*Vitis vinifera* /L.) in the Brazilian semiarid. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 40, n° 5, Jaboticabal, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-29452018652>.

SOUZA, T. R.; SALOMÃO, L. C.; ANDRADE, T. F.; BÔAS, R. L. V.; QUAGGIO, J.A. Medida indireta da clorofila e sua relação com o manejo da adubação nitrogenada em plantas cítricas fertirrigadas. **Rev. Bras. Frutic.** V. 33, n.3, Set. 2011.

SOUSA, V. F.; MARROUELLI, W. A. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Embrapa Informação Tecnológica Brasília, DF 2011.

STEIN, R. L. B.; ALBUQUERQUE, F. C.; DUARTE, M. L. R.; NUNES, A. M. L.; CONTO, A. J.; FERNANDES, J. E.L. R.; MELO, C. F. M.; SILVA, A. B.; KATO, O. R. POLTRONIERI, M. C. A cultura da pimenta-do-reino. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental - Brasília: EMBRAPA-SPI, 1995. 58p.- (**Coleção plantar; 21**).

TAIZ, L.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6ª edição. Porto Alegre. Artmed, 2017.

VIDAL, F. **Evolução do cultivo de pimenta-do-reino na área de atuação do BNB**. Caderno Setorial Etene. Ano 5, n. 146. 2020.

WANG, M.; ZHENG, Q.; SHEN, Q.; GUO, S. The critical role of potassium in plant stress response. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 14, 7370–7390, 2013.

WANG, Y.; WU, W.H. Regulation of potassium transport and signaling in plants. **Curr. Opin. Plant Biol.** V. 39, 123–128, 2017.

WARAICH, E.A.; AHMAD, R.; HALIM, A.; AZIZ, T. Alleviation of temperature stress by nutrient management in crop plants: A review. **J. Soil Sci. Plant Nutr.**, 12, 221–244, 2012.

YANG, G.; LIU, L.; GUO, P.; LI, M. A flexible decision support system for irrigation scheduling in an irrigation district in China. **Agricultural Water Management**, v. 179, p. 378–389. 2017. Disponível em: . Acessado: 17/11/2022 doi: 10.1016/j.agwat.2016.07.019.

VEIGA, R.S; MARCUCCI, M.C. Atividades terapêuticas da pimenta vermelha (*capsicum* sp.-solanaceae) e pimenta do reino (*piper nigrum* l.- piperaceae). **Brazilian Journal of Natural Sciences**. Ed 1. vol. 2 maio, 2018. maio 2018. Disponível em: www.bjns.com.br

XU, G.; FAN, X.; MILLER, A. J. Plant nitrogen assimilation and use efficiency (review). **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto,v. 63, n. 5, p. 153-182, 2012.

ANEXOS

Tabela. Resumo da análise de variância (ANOVA) para fotossíntese (A), transpiração (E), condutância estomática (Gs), razão entre a concentração interna e externa de CO₂ (Ci/Ca), eficiência instantânea do uso da água (A/E) e eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci) em plantas de pimenteira-do-reino submetidas a diferentes doses de nitrogênio e potássio via fertirrigação.

	A	Gs	E	Ci	ECi	EiUA
Blocos	5,48**	8,78**	4,84**	3,89**	1,43 ^{ns}	0,56 ^{ns}
FA (N)	6,37**	3,99**	0,24 ^{ns}	2,16*	5,70**	3,93*
FB (K)	3,96**	5,74**	0,29 ^{ns}	3,66**	4,14**	3,07**
FA*FB (N*K)	0,54 ^{ns}	0,78 ^{ns}	1,37 ^{ns}	1,17 ^{ns}	1,94 ^{ns}	2,36*
CV	16,63%	16,59%	26,46%	14,86%	25,97%	19,01%

CV = coeficiente de variação; ** significativo a 5% de probabilidade; * significativo a 1% de probabilidade; ns não significativo.

Tabela. Resumo da análise de variância (ANOVA) para Circunferência do caule (CC), Número de nó (Nº Nó), Altura de Planta (AP), Leitura do SPAD as 90, 120 e 150 dias em plantas de pimenteira-do-reino submetidas a diferentes doses de nitrogênio e potássio via fertirrigação.

	CC	N Nó	AP	SPAD 90 dias	SPAD 120 dias	SPAD 150 dias
Blocos	3,39**	3,25**	4,31**	1,41 ^{ns}	1,47 ^{ns}	12,49**
FA (N)	15,78**	2,45**	3,35**	7,41**	11,61**	7,34**
FB (K)	3,29**	2,37**	2,67**	16,11**	4,09**	8,51**
FA*FB (N*K)	1,74 ^{ns}	1,01 ^{ns}	1,15 ^{ns}	4,74**	1,83 ^{ns}	2,63**
CV	18,32%	19,85%	7,58%	12,86%	19,36%	15,33%

CV = coeficiente de variação; ** significativo a 5% de probabilidade; * significativo a 1% de probabilidade; ns não significativo.