



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAPÁ
CAMPUS AGRÍCOLA PORTO GRANDE
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA

ADRIELIM SANTIAGO LIMA
JOÃO VITOR DE ANDRADE SOARES

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Capsicum chinense* Jacq. EM
FUNÇÃO DO ESTÁDIO DE MATURAÇÃO E DO ARMAZENAMENTO PÓS-
COLHEITA DOS FRUTOS**

PORTO GRANDE

2024



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAPÁ
CAMPUS AGRÍCOLA PORTO GRANDE
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA

ADRIELIM SANTIAGO LIMA
JOÃO VITOR DE ANDRADE SOARES

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Capsicum chinense* Jacq. EM
FUNÇÃO DO ESTÁDIO DE MATURAÇÃO E DO ARMAZENAMENTO PÓS-
COLHEITA DOS FRUTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito final para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Agrônômica do Instituto Federal do Amapá, *Campus* Agrícola Porto Grande.

Orientador: Prof. Me. Breno Henrique Pedroso de Araújo

Coorientadora: Dra. Ana Maria Guimarães Bernardo.

PORTO GRANDE

2024

Biblioteca Institucional - IFAP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

- 732q Lima, Adrielim Santiago
 Qualidade fisiológica de sementes de Capsicum chinense Jacq. em função do estágio de maturação e do armazenamento pós-colheita dos frutos / Adrielim Santiago Lima, João Vitor de Andrade Soares. - Porto Grande, 2024.
 52 f.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, Campus Porto Grande, Bacharelado em Engenharia Agrônoma, 2024.
- Orientador: Breno Henrique Pedroso de Araújo.
 Coorientadora: Ana Maria Guimarães Bernardo.
1. Qualidade fisiológica. 2. Capsicum chinense. 3. Propagação sexuada. I. Soares, João Vitor de Andrade . I. Araújo, Breno Henrique Pedroso de , orient. II. Bernardo, Ana Maria Guimarães , coorient. III. Título.

ADRIELIM SANTIAGO LIMA
JOÃO VITOR DE ANDRADE SOARES

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Capsicum chinense* Jacq. EM
FUNÇÃO DO ESTÁDIO DE MATURAÇÃO E DO ARMAZENAMENTO PÓS-
COLHEITA DOS FRUTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito final para obtenção do Título
de Bacharel em Engenharia Agrônômica do
Instituto Federal do Amapá, *Campus* Agrícola
Porto Grande.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Breno Henrique Pedroso de Araújo – Orientador
Instituto Federal do Amapá – IFAP

Profa. Dra. Ana Maria Guimarães Bernardo – Coorientadora
Instituto Federal do Amapá – IFAP

Prof. Dr. Paulo Ricardo dos Santos – Avaliador Interno
Instituto Federal do Amapá – IFAP

Profa. Dra. Fabrícia Kelly Cabral Moraes – Avaliadora Externa
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

Profa. Dra. Flaviana Gonçalves da Silva – Avaliadora Externa
Universidade Federal do Amapá - UNIFAP

Apresentado em: 19/12/2024.

Conceito/Nota: APROVADO / 96 (noventa e seis).

AGRADECIMENTOS

A Deus pela dádiva da vida, pela força que nos sustenta e pela sabedoria que orienta nossos passos. Ao professor Breno Araújo e à professora Ana Bernardo, dos quais os ensinamentos ultrapassaram a esfera acadêmica e chegaram à vida, sobretudo pelo aspecto ético, moral e humanizado da atuação profissional. Aos amigos que fizemos durante a graduação, que foram mais do que companheiros de jornada, foram apoio, incentivo e conforto nos momentos mais desafiadores. A todos os nossos professores, em especial, Fabrícia Moraes, Erialdo de Oliveira, Nilvan Melo e Cleber de Oliveira por todo o incentivo ao longo da graduação. Aos agricultores familiares que exerceram papel fundamental durante a condução desta pesquisa. A todos servidores técnicos-administrativos em educação pelo suporte durante nossa jornada e, por fim, ao Instituto Federal do Amapá – IFAP, mecanismo que possibilitou a nossa formação.

Adrielim: Aos meus pais, Raimunda Moreira e Antônio Ferreira, e a toda a minha família, por me darem a oportunidade de realizar meus sonhos, com apoio e compreensão ao longo dessa jornada. A minha dupla, João Andrade, por todo o apoio e companheirismo. A minha irmã Gizeli, e aos meus amigos em especial, Karla Samylle, Ana Caroline, Madson, Arthur, Brenda, Diomax e Cleverton por toda ajuda e por tornarem essa etapa mais leve.

João: A minha mãe Aline Andrade, meus irmãos Alana e Pedro, minhas avós (*in memoriam*) Silvana e Zilda, a meu tio Charles Silva e a toda minha família que contribuíram incansavelmente para que eu alcançasse essa nova etapa tão importante em minha vida, sem vocês nada disso seria possível. A minha amiga e companheira nesse trabalho, Adrielim Santiago, por acreditar no meu potencial e pela paciência para atuar frente aos conflitos. Ao Programa de assistência estudantil do IFAP e todos servidores nele envolvidos por contribuir efetivamente para o meu acesso, permanência e êxito na graduação.

“Aquele que leva a preciosa semente, andando e chorando, voltará sem dúvida com alegria, trazendo consigo os seus feixes.”

(Salmos 126:6)

RESUMO

A pimenta-de-cheiro (*Capsicum chinense*) é muito apreciada na região Norte e Nordeste do Brasil por seu aroma agradável e baixa pungência, sendo bastante utilizada na alimentação humana, no entanto, apesar de sua relevância, há carência de estudos sobre essa cultura e a disponibilidade de sementes comerciais é limitada. Com isso, a maturação e o armazenamento pós-colheita de frutos podem melhorar o potencial das sementes, contribuindo para o vigor e germinação em diversas culturas. Neste contexto, objetivou-se avaliar a qualidade fisiológica de sementes de pimenta-de-cheiro em relação ao estágio de maturação e período de armazenamento pós-colheita. A pesquisa foi conduzida em uma propriedade particular localizada na Colônia Agrícola do Matapi - AP e no Instituto Federal do Amapá - *Campus Agrícola*, Porto Grande, AP. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado organizado em esquema fatorial (3 estádios de maturação x 3 tempos de armazenamento pós-colheita), com 4 repetições de 50 sementes. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. O estágio de maturação e período de armazenamento pós-colheita dos frutos foram avaliados analisando a biometria dos frutos, através do registro de peso, comprimento, diâmetro mediano e espessura da polpa, além de parâmetros relativos a sementes: massa seca de 100 sementes (g), grau de umidade (%) e peso de mil sementes (g). Para análise da qualidade fisiológica das sementes foram realizados os testes de germinação, primeira contagem de germinação, emergência, Índice de Velocidade de Emergência - IVE, comprimento de plântulas, matéria seca de plântulas e condutividade elétrica. Os parâmetros biométricos dos frutos aumentaram conforme o avanço da maturação, no entanto, o estágio verde (15 DAA) expressou condições melhores diante do armazenamento pós-colheita com reduções mais uniformes. Quanto à análise dos testes de germinação e vigor, foi perceptível a superioridade do estágio vermelho com comportamento uniforme frente aos tempos de armazenamento testados. Além disso, o estágio alaranjado teve parâmetros intermediários a partir da utilização do repouso das sementes no fruto e, por fim, frutos verdes condicionam sementes imaturas e não devem ser utilizadas para a propagação da espécie. Conclui-se que o progresso da maturação ocasiona acréscimos nos parâmetros biométricos dos frutos, enquanto o armazenamento pós-colheita gera decréscimos. As sementes dos frutos vermelhos (45 DAA) atingem a maturidade fisiológica no momento da colheita sendo estas recomendadas para a propagação da espécie, sem a necessidade de armazenamento pós-colheita dos frutos, no entanto para sementes dos estádios verde (15 DAA) e alaranjado (30 DAA), o armazenamento mostrou-se benéfico.

Palavras-chave: pimenta-de-cheiro; germinação; vigor; propagação.

ABSTRACT

The "pimenta-de-cheiro" (*Capsicum chinense*) is highly valued in the North and Northeast regions of Brazil for its pleasant aroma and low pungency, being widely used in human nutrition. However, despite its relevance, there is a lack of studies on this crop and the availability of commercial seeds is limited. Thus, fruit maturation and post-harvest storage can enhance seed potential, contributing to vigor and germination in various crops. This study aimed to evaluate the physiological quality of "pimenta-de-cheiro" seeds in relation to the maturation stage and post-harvest storage period. The research was conducted on a private property located at Colônia Agrícola do Matapi - AP and at the Federal Institute of Amapá - Porto Grande Agricultural Campus, AP. The experimental design was completely randomized, organized in a factorial scheme (3 maturation stages x 3 post-harvest storage periods), with 4 repetitions of 50 seeds. Data were analyzed by analysis of variance, and means were compared using Tukey's test at a 5% probability level. Maturation stage and post-harvest storage period of fruits were evaluated through fruit biometric parameters such as weight, length, median diameter, and pulp thickness, as well as seed-related parameters: 100-seed dry mass (g), moisture content (%), and thousand-seed weight (g). To analyze seed physiological quality, germination tests, first germination count, emergence, Emergency Velocity Index (EVI), seedling length, seedling dry mass, and electrical conductivity tests were performed. Biometric parameters of the fruits increased as maturation progressed. However, the green stage (15 DAA) exhibited better resistance to post-harvest storage, with more uniform reductions. Regarding germination and vigor tests, the red stage showed superiority with uniform behavior across the tested storage periods. The orange stage presented intermediate parameters with seeds left in the fruit, while green fruits produced immature seeds unsuitable for propagation. It is concluded that maturation increases the biometric parameters of fruits, while post-harvest storage decreases them. Seeds from red fruits (45 DAA) reach physiological maturity at harvest and are recommended for propagation without the need for post-harvest storage. For seeds from green (15 DAA) and orange (30 DAA) fruits, storage proved beneficial.

Key-words: pimenta-de-cheiro; germination; vigor; propagation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização.	21
Figura 2 - Produção de mudas de pimenta-de-cheiro (A), e transplântio para uma área de cultivo de hortaliças (B).	22
Figura 3 – Marcação das flores de pimenta-de-cheiro pela manhã, no momento da antese. ..	23
Figura 4 – Evolução da maturação dos frutos de pimenta-de-cheiro.	23
Figura 5 – Evolução dos frutos de pimenta-de-cheiro em diferentes estádios de maturação frente ao armazenamento pós-colheita.	24
Figura 6 – Variáveis biométricas dos frutos de pimenta-de-cheiro.....	25
Figura 7 – Secagem de sementes de pimenta-de-cheiro em temperatura ambiente (A), e tratamento com fungicida (B).....	26
Figura 8 – Sementes de pimenta-de-cheiro dispostas em gerbox, com acondicionamento em câmara incubadora do tipo B.O.D. sob com temperatura alternada de 20-30 °C.....	27
Figura 9 – Realização dos testes de emergência e IVE das sementes de pimenta-de-cheiro..	28
Figura 10 – Avaliação do teste de condutividade elétrica nas amostras com auxílio do condutivímetro.....	29
Figura 11 – Folder de divulgação dos resultados aos agricultores familiares.....	50
Figura 12 – Folder de divulgação dos resultados aos agricultores familiares (continuação)..	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Médias das variáveis da biometria dos frutos de pimenta-de-cheiro em diferentes estádios de maturação ao decorrer do tempo de armazenamento.....	31
Tabela 2 – Médias da massa seca de 100 sementes dos frutos de pimenta-de-cheiro em diferentes estádios de maturação ao decorrer do tempo de armazenamento.	33
Tabela 3 – Médias de germinação, primeira contagem de germinação, emergência, índice de velocidade de emergência, comprimento e matéria seca de plântulas e condutividade elétrica de sementes de pimenta-de-cheiro em diferentes estádios de maturação ao decorrer do tempo de armazenamento.	38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 Geral	13
2.2 Específicos	13
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
3.1 Aspectos gerais da cultura da pimenta (<i>Capsicum</i> spp.).....	14
3.1.1 A pimenta-de-cheiro (<i>C. chinense</i>).....	15
3.2 Qualidade fisiológica de sementes	17
3.3 Métodos de determinação da qualidade fisiológica	18
3.3.1 Teste de germinação	18
3.3.2 Testes de vigor.....	18
3.3.2.1 Primeira contagem de germinação	19
3.3.2.2 Emergência e Índice de velocidade de emergência – IVE	19
3.3.2.3 Comprimento e matéria seca de plântulas	19
3.3.2.4 Condutividade elétrica.....	20
3.4 Maturação e o armazenamento pós-colheita.....	20
4 MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1 Cultivo das pimenteiras	21
4.2 Condução do experimento em laboratório.....	23
4.2.1 Biometria dos frutos	24
4.2.2 Caracterização e tratamento das sementes.....	25
4.2.3 Testes de germinação e vigor	26
4.3 Análise estatística.....	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1 Biometria dos frutos	30
5.2 Caracterização das sementes	33
5.3 Germinação e vigor de sementes de pimenta-de-cheiro.....	37
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	44
REFERÊNCIAS	45
APÊNDICE	50

1 INTRODUÇÃO

As pimenteiras (*Capsicum* spp.) são plantas da família Solanaceae e nativas das Américas do Sul e Central, onde foram domesticadas pelos povos nativos dessa região. As espécies do gênero *Capsicum* possuem hábito de crescimento indeterminado, são geralmente arbustivas, podendo alcançar porte médio, e apresentam sistema radicular pivotante que atinge profundidades de até 120 cm (Ribeiro *et al.*, 2008).

O cultivo de pimenta é amplamente distribuído no Brasil, sendo uma cultura de fácil manejo. O fruto consumido preferencialmente *in natura*, sendo que espécies de pimenta possuem relevante versatilidade gastronômica, industrial e medicinal, com suas cadeias produtivas abrangendo desde produções familiares de compotas até multinacionais que exportam diferentes derivados (De Paula Junior; Venzon, 2019; Alves *et al.*, 2020).

Nesse contexto, a pimenta-de-cheiro (*Capsicum chinense* Jacques) é uma espécie amplamente consumida no Norte e Nordeste brasileiro devido ao forte aroma e baixa pungência (Ribeiro *et al.*, 2008). Além dessas características sensoriais, possui efeitos medicinais comprovados, como a presença de vitamina C, carotenóides e compostos fenólicos, que auxiliam no combate a doenças crônicas, a exemplo do diabetes, além do efeito anti-inflamatório e auxílio ao sistema imunológico (Rosário *et al.*, 2021).

Essa Solanaceae tem seu centro de diversidade na bacia amazônica, cultivada principalmente por agricultores familiares nessa região (Carvalho *et al.*, 2021). No entanto, não há levantamento de dados quanto ao consumo dessa espécie no estado do Amapá, contudo, no estado mais próximo, o Pará, a *C. chinense* é a mais consumida representando 99,8% da espécie de pimenta mais utilizadas pelos paraenses no período de 2012 a 2017 (Pereira *et al.*, 2021).

A propagação vegetativa das espécies de pimenta é uma prática complexa e onerosa (Bernardes Júnior; Vale; Sousa, 2017). Com isso, é necessário que os agricultores utilizem da propagação sexuada para implantar seus cultivos. No caso da pimenta-de-cheiro, a disponibilidade de sementes de variedades comerciais é incipiente e, por isso, os agricultores acabam produzindo suas próprias sementes, reutilizando-as a cada novo ciclo o que reduz consideravelmente a sua qualidade fisiológica e, conseqüentemente, o estande de plantas (Carvalho *et al.*, 2021).

A semente é uma estrutura fundamental para a propagação dos vegetais, desempenhando um papel essencial na perpetuação das espécies. O processo de maturação dessas estruturas tem início com a fecundação do óvulo e se estende até a maturidade

fisiológica, momento em que a planta interrompe o fluxo de nutrientes para a semente, resultando no maior acúmulo de matéria seca (Marcos-Filho, 2015). Os níveis máximos de germinação e vigor podem ser alcançados antes, durante ou após esse ponto de acúmulo máximo de matéria seca, dependendo da espécie. No entanto, após o alcance desses índices, a qualidade fisiológica das sementes tende a decair progressivamente (Carvalho & Nakagawa, 2012).

Em espécies de frutos carnosos, como as solanáceas, o processo de maturação pode continuar mesmo após a colheita. Por isso, o armazenamento pós-colheita pode ser uma alternativa vantajosa para plantas que possuem o hábito de crescimento indeterminado, assim permitindo elevação da qualidade fisiológica de sementes oriundas de frutos colhidos de forma precoce, uma vez que essas plantas produzem ramos reprodutivos e vegetativos ao mesmo tempo (Vidigal *et al.*, 2006).

Nesse contexto, sementes com elevada qualidade fisiológica são fundamentais para uma boa condução do cultivo. Acerca disso, Schuch, Kolchinski e Finatto (2009) evidenciam que, quando as sementes apresentam baixa qualidade, há redução drástica do desempenho das plântulas em campo, com possibilidade de redução da área foliar e da matéria seca das estruturas vegetativas iniciais, causando perdas significativas ao agricultor.

Visando a qualidade das sementes, alguns autores associam o armazenamento dos frutos com a maturidade fisiológica, como Pereira *et al.* (2014), que constataram, para a cultura da *Capsicum baccatum* var. Dedo-de-moça, que a maturidade das sementes é atingida aos 45 dias após a antese – (DAA) e o armazenamento dos fruto por 10 dias melhora o potencial fisiológico das sementes. É válido destacar que, com a colheita precoce e o armazenamento, a melhoria pode ser mais evidente, porém, há carência de informações para algumas culturas (Vidigal *et al.*, 2006).

Os resultados obtidos por meio deste estudo possuem potencial para contribuir com a melhoria da implantação dos cultivos de pimenta-de-cheiro (*C. chinense*), principalmente nas regiões produtoras do Amapá que, devido ao isolamento geográfico do estado, têm dificuldades em encontrar sementes comerciais. Além disso, o estudo explicita sobre o efeito do estágio de maturação e armazenamento pós-colheita dos frutos na qualidade fisiológica das sementes.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Objetivou-se avaliar a qualidade fisiológica de sementes de pimenta-de-cheiro em relação ao estágio de maturação e período de armazenamento pós-colheita.

2.2 Específicos

- Realizar a caracterização biométrica dos frutos da pimenta-de-cheiro;
- Identificar o melhor estágio de maturação do fruto para obtenção de sementes de qualidade;
- Investigar se o armazenamento pós-colheita influencia na qualidade fisiológica das sementes;
- Produzir e divulgar um material com recomendações técnicas para produção de sementes a serem utilizadas por agricultores familiares.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Aspectos gerais da cultura da pimenta (*Capsicum spp.*)

As pimenteiras são plantas originárias das Américas do Sul e Central, que, em grande parte foram domesticadas por povos originários, ou seja, nessas regiões, as pimentas fazem parte da cultura local, sendo amplamente utilizadas em pratos típicos, rituais sagrados ou até mesmo pelas suas diversas propriedades medicinais ou características ornamentais (Ribeiro *et al.*, 2008).

As plantas de pimenteiras possuem hábito arbustivo e com forte ramificação nas laterais, podendo alcançar até 120 centímetros. São consideradas autóгамas, ou seja, a estrutura floral favorece a autopolinização, ainda assim, existe uma taxa significativa de polinização cruzada e por esse motivo deve-se evitar o plantio de espécies ou cultivares diferentes em regiões próximas (Filgueira, 2008).

O cultivo de pimenteiras é considerado de fácil execução, devido à simplicidade dos tratamentos culturais necessários. Nesse sentido, a escolha da área deve favorecer relevos planos e solos de textura média. As pimenteiras também são exigentes nutricionalmente, requerendo adubações de cobertura em cultivos de longa duração e por fim é necessário dispensar atenção para a prevenção de déficit hídrico e exposição ao frio, dada a origem tropical das pimenteiras (Carvalho, 2017; Pinto *et al.*, 2022).

O controle fitossanitário é importante, pois existem diversas pragas que podem prejudicar as plantas, entre os insetos pragas, cita-se os pulgões (*Myzus persicae*), os tripses (*Thrips palmi*), as moscas-brancas (*Bemisia tabaci*) e as moscas-minadoras (*Liriomyza sp.*). Quanto às doenças cita-se a murcha (*Phytophthora capsici*), a antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) e a mancha-de-alternária (*Alternaria solani*). É necessário adotar o manejo integrado de pragas (MIP), além da adoção de práticas como eliminação dos restos culturais e aquisição de materiais resistentes e sadios para evitar a propagação de doenças através de sementes ou mudas (De Paula Junior; Venzon, 2019).

A relevância socioeconômica da pimenta está diretamente relacionada ao seu consumo, uma vez que, no país, ela é utilizada para diversos fins, como consumo *in natura*, aplicação nas indústrias alimentícia, farmacêutica e de cosméticos. Além disso, algumas cultivares são muito apreciadas pelo seu valor ornamental. Toda essa versatilidade impacta diretamente a cadeia produtiva da cultura da pimenta, gerando empregos diretos e indiretos (Pinto *et al.*, 2022).

3.1.1 A pimenta-de-cheiro (*C. chinense*)

Dentre todas as pimentas consumidas no país, a *C. chinense* é a única considerada brasileira, pois possui centro de origem na bacia amazônica e com o processo de domesticação realizado por indígenas da região. Essa espécie ocorre naturalmente na região Norte e em parte da região Nordeste, no entanto, também é cultivada no Centro-Oeste e no Sudeste (Cascaes *et al.*, 2022).

A classificação botânica é descrita como: reino Plantae, divisão Magnoliophyta, classe Magnoliopsida, ordem Solanales, família Solanaceae, gênero *Capsicum*, espécie *Capsicum chinense*. Além disso, apesar do epíteto específico “*chinense*”, essa espécie não tem qualquer relação com a China, uma vez que possui origem na América Latina (Luz, 2007).

A relação do homem com essas espécies permite classificá-las em domesticadas, semi-domesticadas ou silvestres, cada tipo está relacionado com o nível de dependência da planta com o ser humano, seja para a reprodução ou para o cultivo. Nesse sentido, o Brasil desponta como um grande centro de diversidade com plantas em diferentes graus de domesticação que auxiliam no melhoramento genético e no uso consciente dessas espécies (Ribeiro *et al.*, 2008).

Entre as espécies consideradas domesticadas estão a *Capsicum chinense* (pimenta-de-cheiro, cumari-do-Pará e biquinho), a *C. baccatum* (pimenta dedo-de-moça e cambuci), *C. frutescens* (pimenta malagueta) e *C. annuum* (pimenta-doce), cada cultivar possui suas características particulares que influenciam diretamente o uso e o cultivo (Rocha *et al.*, 2023).

A espécie *C. chinense* contempla diversos genótipos que, em geral, apresentam flores pendentes com duas a cinco por nó, cálice com característica constrição anelar na junção com o pedicelo e corola verde-amarela. A planta tem crescimento arbustivo perene, com sistema radicular pivotante e folhas com típica coloração verde e formato oval, lanceolado ou deltóide (Souza, 2018).

As flores são pentâmeras, hermafroditas e hipóginas, enquanto os frutos são bagas ocas, esféricas ou alongadas, de cor geralmente vermelha quando maduros com variação entre o verde, alaranjado e salmão entre genótipos ou ainda de acordo com o estágio de maturação, a pungência é média a baixa e as sementes são reniformes, aplanadas e com embrião curvo (Souza, 2018).

Além disso, as sementes são ortodoxas, o que significa que são tolerantes ao processo de dessecação. Esse processo ajuda a diminuir o teor de água fazendo com que se tenha baixos níveis de atividade dos agentes deterioradores (Cunha *et al.*, 2020). É importante ressaltar que estas apresentam uma dormência fisiológica, sendo necessária a utilização de

estratégias para superação da dormência, a exemplo do armazenamento seja das sementes ou do fruto (Barbosa, 2024).

Um mecanismo auxiliar na identificação botânica é a caracterização biométrica dos frutos. Esse processo ajuda inclusive o agricultor a definir o destino da pimenta, seja para o processamento ou diretamente para o consumidor final, uma vez que a pimenta-de-cheiro somente tem interesse comercial quando se encontra no estágio imaturo, ou seja, quando o fruto apresenta coloração verde (Jorge *et al.*, 2018; Carvalho *et al.*, 2021).

De um modo geral, as pimentas dessa espécie são consumidas *in natura*, processadas ou pelo seu valor ornamental (Pinto *et al.*, 2022). Para a pimenta-de-cheiro o consumo está associado principalmente ao uso como condimento, pois agrega sabor e aroma sem conceder pungência ao prato, existem outras pimentas sem ardência na América Latina, porém essa é mais apreciada no Brasil, especialmente na região Norte (Carvalho; Lana; Ribeiro, 2020).

Além do uso como condimento, os frutos de *C. chinense* têm elevados índices de capsaicinoides e vitaminas. Estudos indicam capacidade de reduzir doenças degenerativas, atuando no combate do diabetes e da Alzheimer, além disso, o extrato dessas plantas é utilizado pelo efeito analgésico contra dores lombares e pela sua capacidade antihelmíntica (Cascaes *et al.*, 2022).

Pelo fato da importância econômica ser basicamente voltada para a agricultura familiar, o interesse pelo estudo da pimenta-de-cheiro é recente, no entanto, devido ao importante papel ecológico e científico, novos estudos têm surgido, pois essa espécie apresenta uma enorme variabilidade seja nas características fenotípicas, com uma ampla variedade de formas, cores e níveis de ardência, ou ainda nas características genotípicas com forte interesse agrônomo em genes que podem conferir resistência a problemas como doenças (Souza, 2018).

Por conta de sua origem amazônica, a pimenta-de-cheiro tem preferência por regiões de clima tropical, com necessidade pluviométrica de 600 a 2000 mm, além de temperatura média anual de aproximadamente 25 °C. (Moreira *et al.*, 2010).

Quanto às necessidades de solo, é necessário elevar a saturação por bases a 70%, aplicar 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N) por meio de três parcelas, durante o período chuvoso, 50 a 200 kg ha⁻¹ de adubo fosfatado (P₂O₅) e 40 a 150 kg ha⁻¹ de adubo potássico (K₂O), estas duas últimas dependem do teor de fósforo (P) e potássio (K) já presentes no solo. Sobre os micronutrientes recomenda-se a aplicação de 50 kg ha⁻¹ de FTE BR 12, sendo importante ressaltar que se deve dispensar às fontes que contenham enxofre (S), por conta da influência desse nutriente no aroma das pimentas (Brasil; Cravo; Viégas, 2020).

Assim como muitas olerícolas, a pimenta-de-cheiro também é propagada sexuadamente através da utilização de sementes, sendo a etapa da produção de mudas considerada essencial para que o agricultor tenha uma produtividade aceitável, essa etapa tem relação direta com a formação de um estande uniforme (Moreira Neto *et al.*, 2022).

3.2 Qualidade fisiológica de sementes

A semente é um recurso biológico fundamental para a humanidade, tanto para alimentação quanto para propagação das espécies, é esse insumo que leva ao produtor todo o potencial genético de uma determinada cultivar, por isso é extremamente importante que a semente seja um produto de qualidade e vigoroso (Carvalho; Nakagawa, 2012).

A qualidade fisiológica de sementes está relacionada ao fator genético, no entanto, também tem relação com o metabolismo da semente, pois depende da eficiência das reações químicas em nível celular. O sucesso dessa interação resulta em germinação e vigor elevados e, conseqüentemente, em um estande uniforme (Krzyzanowski *et al.*, 2021).

A máxima qualidade fisiológica é atingida quando a semente alcança a maturidade fisiológica. Esse conceito representa o ponto em que a planta-mãe encerra a transferência de fotoassimilados para a semente e, geralmente, há o maior acúmulo de matéria seca, a partir da maturidade a semente sofre somente perdas em qualidade (Carvalho; Nakagawa, 2012).

A determinação da maturidade fisiológica não é uma atividade simples. Por isso são utilizados alguns aspectos práticos para que se facilite como a presença da “camada negra” no milho e no sorgo granífero ou ainda a mudança de coloração do fruto em hortaliças como o jiló, o tomate e o pimentão. Nesses casos, um estágio de maturação é utilizado para identificar quando as sementes estão fisiologicamente maduras (Marcos-Filho, 2015).

Pereira *et al.* (2014), ao avaliarem a influência do estágio de maturação e do repouso pós-colheita dos frutos na qualidade fisiológica das sementes de pimenta, variedade Dedo-de-Moça, observaram que a maturidade fisiológica das sementes é indicada pela coloração vermelho intenso dos frutos, alcançada aos 45 dias após a antese (DAA).

Além disso, constataram que o repouso pós-colheita dos frutos por dez dias contribui para melhorar o potencial fisiológico das sementes. De forma semelhante, Silva *et al.* (2019), ao trabalharem com o maxixe (*Cucumis anguria* L.), indicaram que os estádios maduros, representados por frutos colhidos entre 49 e 56 DAA, são os mais adequados para a produção de sementes. Já Donato *et al.* (2015), ao estudarem a qualidade fisiológica de sementes de melão (*Cucumis melo* L.) em função do estágio de maturação dos frutos, concluíram que o

estádio maduro, identificado pelo fruto rendilhado e de cor amarela, proporciona sementes de maior qualidade.

No entanto, Carvalho *et al.* (2014), ao analisarem a Solanaceae *Physalis angulata* L., identificaram que o estágio imaturo, representado pela cor verde do cálice, foi capaz de fornecer os melhores índices de germinação para essa espécie. Esse último estudo evidencia que a maturidade dos frutos não é o único fator determinante para a maturidade fisiológica das sementes.

3.3 Métodos de determinação da qualidade fisiológica

Para determinar a qualidade fisiológica das sementes, são realizados testes de germinação, que avaliam sua capacidade de germinar em condições controladas. Além disso, testes de vigor são aplicados para expor as sementes a diferentes condições ambientais, com resultados que variam conforme o ambiente. Uma vez classificado como vigoroso, um lote tem grande probabilidade de manter seu desempenho em outras condições (Barros Neto *et al.*, 2014).

3.3.1 Teste de germinação

O teste de germinação é realizado geralmente com quatro repetições de 50 sementes escolhidas ao acaso em condições laboratoriais controladas para reduzir ao máximo o efeito ambiental e possibilitar a replicação do teste nas mais diversas localidades. Nesse caso, os fatores de substrato, luz e temperatura são previamente definidos para que se realize a contagem de sementes germinadas, onde o resultado é expresso em porcentagem (Brasil, 2009).

No caso do gênero *Capsicum* é recomendado a utilização de caixas plásticas (*gerbox*) transparentes armazenadas em câmaras de germinação com temperatura alternada de 20-30° C, com substrato de papel ou sobre areia. A contagem final que expressa o valor do teste é realizada aos 14 dias após a semeadura (Brasil, 2009).

3.3.2 Testes de vigor

O vigor é um potencial qualitativo, onde a classificação de um lote é em alto, médio ou baixo vigor. Esse potencial representa a soma de atributos inerentes à semente que a tornam capaz de conferir uma germinação rápida e uniforme de plântulas normais em variadas condições ambientais. Sabe-se que, para a determinação do vigor, é necessário que se realize um conjunto de testes para um resultado mais fidedigno (Barros Neto *et al.*, 2014).

3.3.2.1 Primeira contagem de germinação

Este teste tem como objetivo identificar as sementes com atividade metabólica mais intensa, ou seja, aquelas que germinam de maneira mais rápida e, por conseguinte, são consideradas mais vigorosas. Realizado em conjunto com o teste de germinação, as configurações da primeira contagem seguem a Regra de Análise de Sementes que determina o período para a realização da primeira contagem, geralmente estabelecido como a metade do tempo da contagem final do teste de germinação (Krzyzanowski *et al.*, 2021).

3.3.2.2 Emergência e Índice de velocidade de emergência – IVE

Esse teste é realizado nas condições ambientais semelhantes ao campo, ou seja, não há controle algum para que a semente seja capaz de interagir com o ambiente e como resultado de tal interação demonstre o seu real potencial fisiológico. Para a realização do teste as sementes são dispostas em bandejas contendo substrato, preferencialmente, terra de uma região produtora, organizadas em quatro repetições de 50 a 100 sementes e com a estabilização da emergência o resultado é expresso em porcentagem (Krzyzanowski *et al.*, 2021).

Já o IVE retrata o vigor relativo do lote de sementes, uma vez que o resultado final demonstra o somatório das sementes emergidas por dia. Esse teste é realizado junto à emergência e é necessário que se anote quantas plântulas emergiram a cada dia (Maguire, 1962).

Esses testes são amplamente utilizados para uma grande variedade de culturas devido sua facilidade de realização, uma vez que não são utilizados equipamentos laboratoriais. Há na literatura trabalhos baseados nesses testes em grandes culturas como a soja (Medeiros Câmara *et al.*, 2019).

3.3.2.3 Comprimento e matéria seca de plântulas

Em outros testes de vigor, todas as plântulas consideradas normais são contabilizadas, porém, são necessárias avaliações que meçam o desempenho das sementes em condicionar plântulas vigorosas. Para isso, utilizam-se os testes de comprimento e matéria seca, onde o primeiro irá detectar danos físicos, químicos, varietais ou fisiológicos nas sementes e o segundo irá medir a capacidade da semente em transferir matéria dos tecidos de reserva para o eixo embrionário (Rodrigues *et al.*, 2020). Esses testes são relativamente simples, utilizam régua milimetrada, estufa e balança, para medição, secagem e pesagem das plântulas, respectivamente (Krzyzanowski *et al.*, 2021).

3.3.2.4 Condutividade elétrica

Esse teste analisa o vigor através de uma perspectiva bioquímica, uma vez que avalia a capacidade da semente em organizar suas membranas celulares durante a embebição. Quando essa capacidade está comprometida ocorre a extrapolação de eletrólitos para o meio e é observado um baixo vigor. Com isso o valor da condutividade é inversamente proporcional ao vigor (Vidigal *et al.*, 2008).

Para realização, utiliza-se uma quantidade pré-determinada de sementes com massa conhecida que permanecerão em água destilada por 24 horas. Após isso se utiliza o condutivímetro para realizar a leitura dos dados que retornará em $\mu\text{S cm}^{-1}$, esse valor é dividido pela massa já conhecida das sementes, uma vez que o valor do teste é dado em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ (microsiemens por centímetro por grama) (Marcos-Filho, 2015).

3.4 Maturação e o armazenamento pós-colheita

As pimenteirias têm hábito de crescimento indeterminado, ou seja, apresentam um padrão de florescimento e frutificação contínuos, nos quais é comum observar frutos em diferentes estádios de maturação na mesma planta, tal característica dificulta a identificação do momento ideal para a colheita dos frutos, o que, por sua vez, afeta diretamente a obtenção de sementes com vigor e maturidade fisiológica adequados (Lima; Smiderle, 2014).

Após a colheita, os frutos das pimenteirias exibem a capacidade de manter atividades metabólicas por um determinado período, isso possibilita o armazenamento pós-colheita. Essa prática permite que os frutos sejam colhidos antes de atingirem completa maturação e ainda assim as sementes imaturas consigam completar seu desenvolvimento durante esse período. Tal abordagem reduz a exposição dos frutos a condições ambientais variáveis e a potenciais danos causados por pragas e doenças, além de permitir o menor número de colheitas (Araújo *et al.*, 2018).

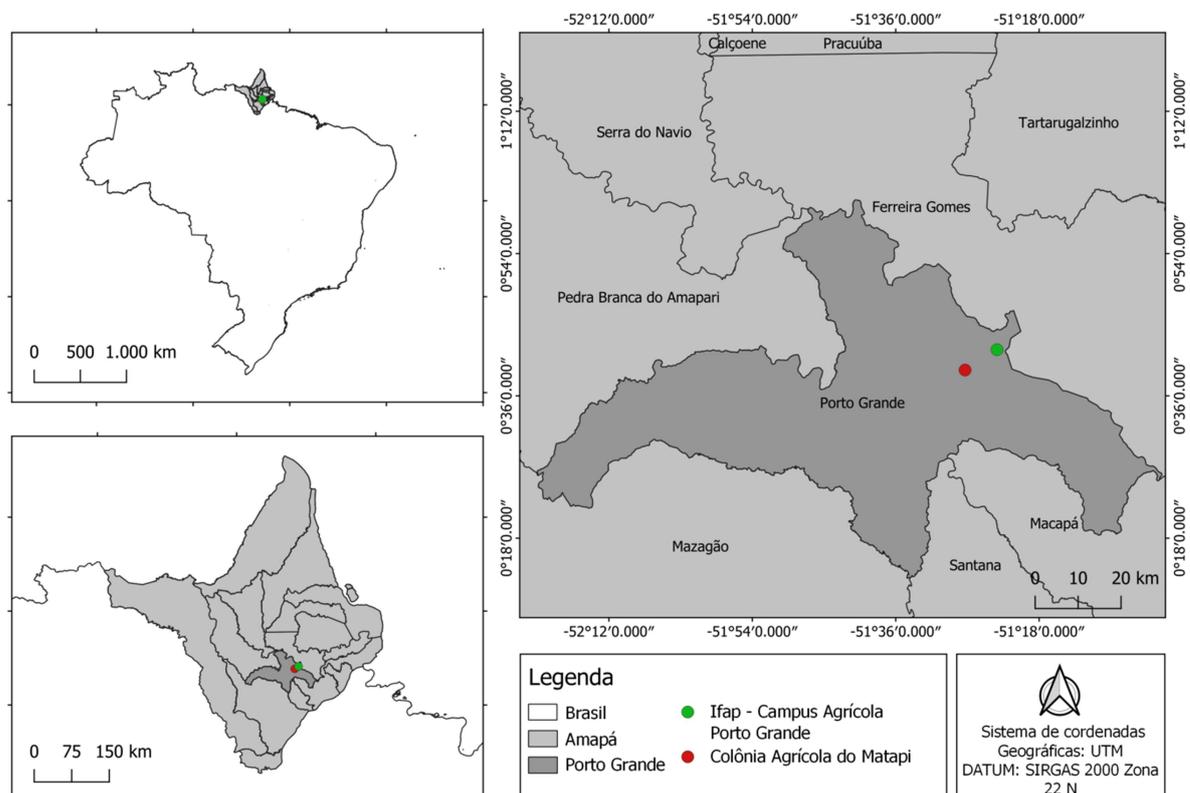
Estudos anteriores exploraram as relações entre a maturação e o armazenamento pós-colheita na produção de sementes de pimenta. Jorge *et al.* (2018), por exemplo, identificaram que as sementes de *C. chinense* var. biquinho apresentam a maior qualidade fisiológica no estádio de maturação vermelho, no entanto, o repouso melhorou os índices de germinação e vigor.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Cultivo das pimenteiras

O cultivo da pimenta-de-cheiro ocorreu no período de janeiro a abril de 2024 em uma propriedade rural na Colônia Agrícola do Matapi, Porto Grande - AP com as seguintes coordenadas: Latitude 0° 39' 16.7" Norte, Longitude 51° 27' 18.2" Oeste (Figura 1). O município de Porto Grande localiza-se na mesorregião sul do Amapá e microrregião de Macapá. Essa região encontra-se em uma área de transição floresta/cerrado e o clima predominantemente Ami, ou seja, trata-se de um clima tropical, chuvoso e quente com poucas variações de temperatura ao longo do ano (Oliveira Júnior; Melém Júnior, 2000).

Figura 1 - Mapa de localização.



Fonte: Autores (2024).

As sementes de *C. chinense* utilizadas para a realização do cultivo foram obtidas diretamente com o agricultor familiar mediante o estabelecimento de uma parceria. Essas sementes eram de polinização aberta e foram extraídas de frutos no estágio vermelho colhidos em uma plantação já estabelecida no local, e por esses motivos realizou-se a identificação da espécie com auxílio de um profissional botânico (CrBio: 114.466/05-D). Após a extração, as

sementes foram submetidas à secagem sob temperatura ambiente por cerca de 24 horas. Em seguida, as sementes foram semeadas em copos descartáveis de 300 mL contendo terra preta, devido à ausência regional de substratos comerciais (Figura 2A). Posteriormente, quando as mudas apresentavam seis folhas, o transplântio foi realizado em uma área de cultivo de hortaliças (Figura 2B).

Figura 2 - Produção de mudas de pimenta-de-cheiro (A), e transplântio para uma área de cultivo de hortaliças (B).



Fonte: Autores (2024).

A irrigação e adubação foram realizadas duas vezes ao dia, uma pelo período da manhã e a outra no final da tarde conforme a necessidade da cultura. Para a adubação, foi utilizado o adubo químico NPK 10-28-20. O controle de plantas espontâneas foi realizado através do método mecânico com capinas e arranquio. Houve baixa incidência de pragas e por isso o controle também foi mecânico com catação manual dos insetos.

Durante o cultivo, foram feitas as marcações das flores no dia de sua antese (Figura 3), sempre pela manhã para a obtenção de informações de quando os frutos estariam nos estádio de maturação verde, alaranjado e vermelho (Figura 4).

Figura 3 – Marcação das flores de pimenta-de-cheiro pela manhã, no momento da antese.



Fonte: Autores (2024).

Figura 4 – Evolução da maturação dos frutos de pimenta-de-cheiro.



Fonte: Autores (2024). Legenda: A) Antese; B) Fruto Verde aos 15 DAA, C) Fruto Alaranjado aos 30 DAA e D) Fruto Vermelho aos 45 DAA.

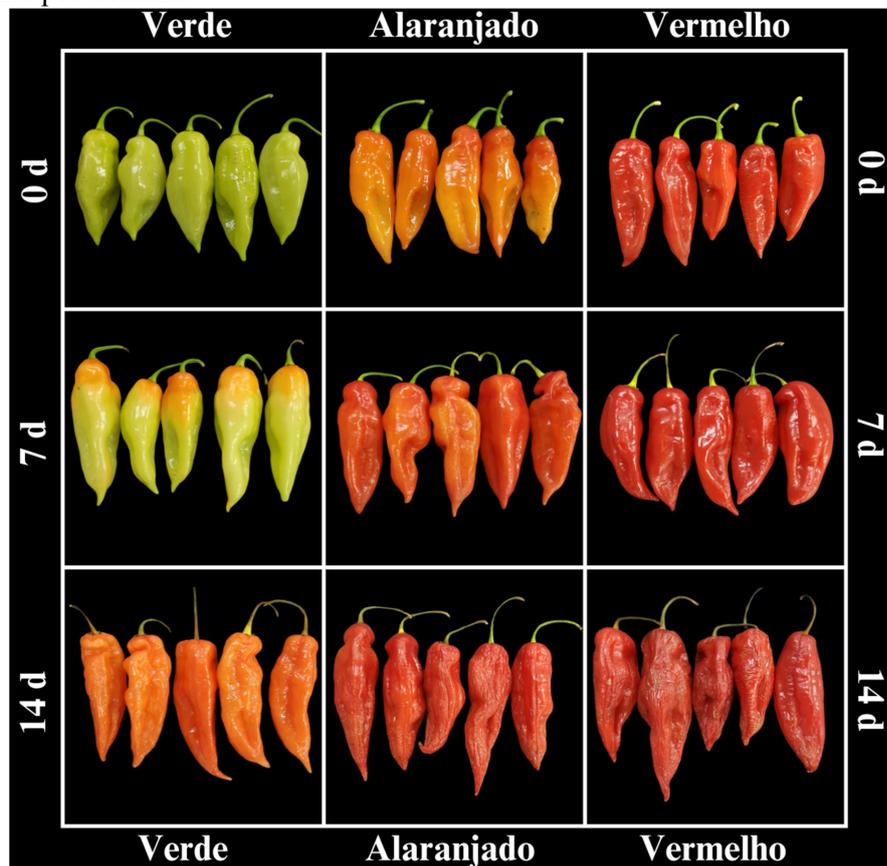
4.2 Condução do experimento em laboratório

A biometria dos frutos e os testes da qualidade fisiológica de sementes de pimenta-de-cheiro ocorreram no período de abril a junho de 2024 no Laboratório de Solos e Produção Vegetal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá - Campus Agrícola

Porto Grande, sob as seguintes coordenadas: Latitude 0° 42' 16" Norte, Longitude 51° 24' 35" Oeste (Figura 1, mapa).

Após o cultivo, realizaram-se três colheitas dos frutos nos dias 15, 22 e 29 de março do ano de 2024, sendo estes colhidos em três estádios de maturação baseados na coloração do epicarpo: verde, alaranjado e vermelho, conforme metodologia proposta por Jorge *et al.* (2018). Posteriormente, os frutos foram encaminhados para o Laboratório de Solos e Produção Vegetal onde ficaram armazenados durante 0, 7 e 14 dias (Figura 5), em condições de temperatura ambiente.

Figura 5 – Evolução dos frutos de pimenta-de-cheiro em diferentes estádios de maturação frente ao armazenamento pós-colheita.



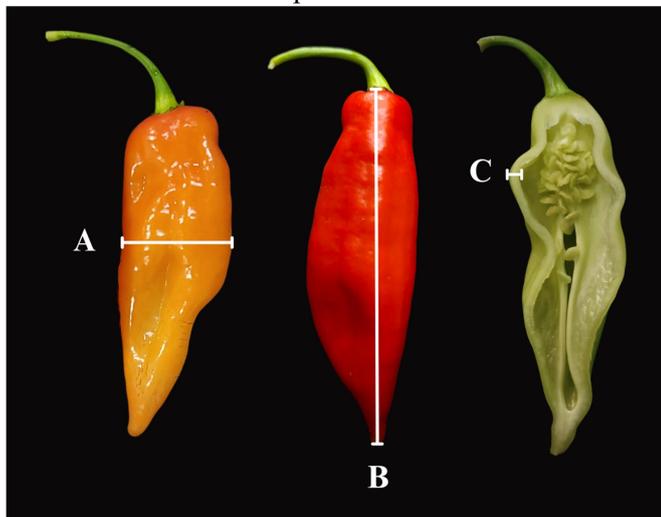
Fonte: Autores (2024).

4.2.1 Biometria dos frutos

Para a caracterização da biometria dos frutos foram utilizadas 4 repetições de 10 frutos, sendo estes submetidos à pesagem com auxílio de balança analítica, além das medições do diâmetro na parte mediana, o comprimento e a espessura da polpa (Figura 6) com auxílio do paquímetro digital calibrado em milímetros para determinação da biometria (Pereira *et al.*,

2014). Após essa etapa, os frutos foram imersos em solução de 2% de Hipoclorito de Sódio (NaClO) para evitar contaminações.

Figura 6 – Variáveis biométricas dos frutos de pimenta-de-cheiro.



Fonte: Autores (2024). Legenda: A) Diâmetro mediano, B) Comprimento e C) Espessura da polpa dos frutos.

4.2.2 Caracterização e tratamento das sementes

As sementes foram extraídas e lavadas em água corrente com auxílio de uma peneira para a remoção da mucilagem, em seguida, foram dispostas sobre papel toalha para permitir a secagem até aproximadamente 12% de umidade (Figura 7A). Posteriormente, foram tratadas com fungicida de princípio ativo à base de carboxina + thiram (Vitavax[®]) na dose de 3 g kg⁻¹ de sementes, conforme recomendação para a espécie (Figura 7B). No entanto, as sementes destinadas ao teste de condutividade elétrica não foram tratadas. Além disso, foi realizado o peso de mil sementes para caracterização do lote, conforme determinações de Brasil (2009).

Figura 7 – Secagem de sementes de pimenta-de-cheiro em temperatura ambiente (A), e tratamento com fungicida (B).



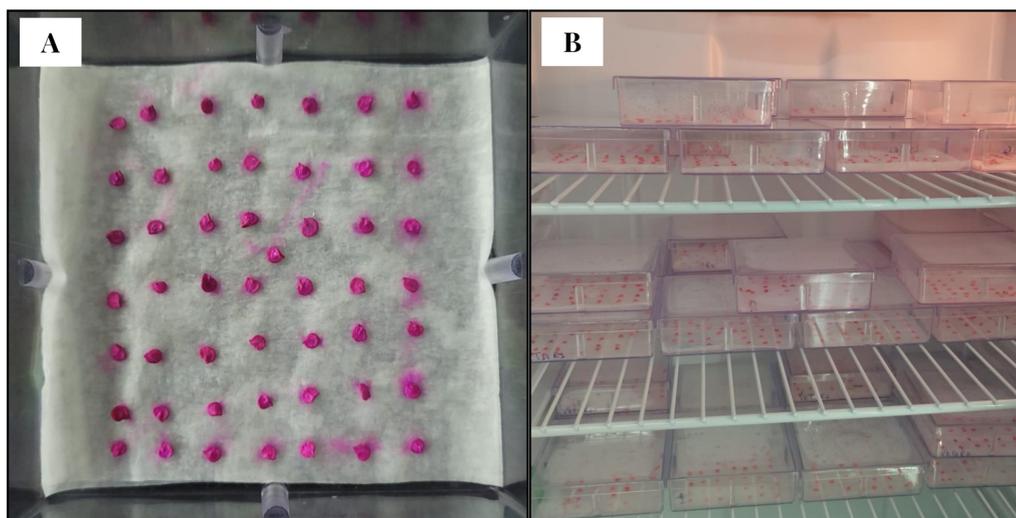
Fonte: Autores (2024).

O grau de umidade foi executado imediatamente após a retirada das sementes, sendo utilizadas quatro subamostras de 100 sementes que foram pesadas e posteriormente permaneceram por 24 horas em estufa a 105 ± 3 °C. Após esse período, as sementes foram novamente pesadas e então foi determinado o grau de umidade expresso em porcentagem. Em conjunto ao grau de umidade foi realizada a massa seca de 100 sementes conforme orienta Pereira *et al.* (2014).

4.2.3 Testes de germinação e vigor

No teste de germinação foram adotadas quatro repetições com 50 sementes cada. Tais sementes foram dispostas sobre duas folhas de papel germitest dentro de caixas plásticas transparentes (*gerbox* de 11x11x3 cm) (Figura 8A), acondicionadas em câmara incubadora do tipo *Biochemical Oxygen Demand* - B.O.D (Demanda Bioquímica de Oxigênio) sob com temperatura 20-30 °C e fotoperíodo regulado em 8h de luz e 16h de escuro. Os papéis foram umedecidos com solução de Nitrato de Potássio (KNO_3) a 0,2% obedecendo à proporção de 2,5 vezes a massa do papel germitest seco (Brasil, 2009) (Figura 8B).

Figura 8 – Sementes de pimenta-de-cheiro dispostas em gerbox, com acondicionamento em câmara incubadora do tipo B.O.D. sob com temperatura alternada de 20-30 °C.



Fonte: Autores (2024).

Foram realizados os seguintes testes de vigor:

a) Primeira contagem: Foi realizado de forma conjunta ao teste de germinação, porém conforme define a Regra de Análise de Sementes (Brasil, 2009), são contabilizadas as plântulas normais ao sétimo dia após a sementeira.

b) Emergência: Esse teste foi realizado juntamente com o IVE, onde após a estabilização do número de plântulas emergidas, contabilizou-se o número de plântulas emergidas e o resultado foi expresso em porcentagem (Krzyzanowski *et al.*, 2021).

c) Índice de velocidade de emergência – IVE: Foi conduzido em casa de vegetação, onde foram utilizadas bandejas quadradas de plásticos preenchidas com o substrato na proporção de 1:1 de areia e terra preta. Cada tratamento contou com 4 bandejas (repetições) com 50 sementes. Foram feitas contagens diárias do número de plântulas emergidas até a estabilização. O cálculo para esse teste obedeceu a metodologia proposta por Maguire (1962), (Figura 9).

Figura 9 – Realização dos testes de emergência e IVE das sementes de pimenta-de-cheiro.



Fonte: Autores (2024).

d) Comprimento de plântulas: As plântulas normais oriundas do teste de emergência foram medidas com auxílio de um paquímetro digital. Para a medição foi adotado como padrão superior e inferior, a folha mais alta e a raiz mais desenvolvida, respectivamente (Jorge *et al.*, 2018).

e) Matéria seca de plântulas: As plântulas normais provenientes do teste de emergência foram mantidas em estufa a 65 ± 3 °C até apresentarem massa constante. Em seguida, essas foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,001 g, sendo que o valor encontrado foi dividido pela quantidade de plântulas normais e expresso em miligramas (Amaro *et al.*, 2015).

f) Condutividade elétrica: Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes não tratadas cada. Inicialmente, foi determinada a massa dessas sementes para então serem colocadas em copos plásticos com 50 mL de água destilada onde foram mantidas em incubadora B.O.D. a 25 °C. Após 24 horas de embebição realizou-se a avaliação, com auxílio de um condutivímetro e os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ (Vidigal *et al.*, 2008), (Figura 10).

Figura 10 – Avaliação do teste de condutividade elétrica nas amostras com auxílio do condutímetro.



Fonte: Autores (2024).

4.3 Análise estatística

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado organizado em esquema fatorial, 3x3 (estádios de maturação x períodos de armazenamentos dos frutos) com quatro repetições de 50 sementes, para obter explicação sobre a qualidade fisiológica de sementes de pimenta-de-cheiro. Os dados resultantes foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade no software estatístico R (R Core Team, 2017).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa ($p < 0,05$) entre os estádios de maturação e o tempo de armazenamento pós-colheita dos frutos para os seguintes variáveis: peso dos frutos, diâmetro médio dos frutos, comprimento dos frutos, espessura da polpa dos frutos, massa seca de 100 sementes, germinação, primeira contagem de germinação, emergência, comprimento de plântulas, matéria seca de plantas, índice de velocidade de emergência e condutividade elétrica.

Apesar de não apresentarem interação significativa, as variáveis de peso de mil sementes e grau de umidade das sementes apresentaram influência significativa ($p < 0,05$) tanto pelo estágio de maturação quanto pelo tempo de armazenamento pós-colheita dos frutos, separadamente.

5.1 Biometria dos frutos

Sobre o peso dos frutos (Tabela 1), observou-se redução do peso em todos os estádios de maturação conforme avanço do tempo de repouso pós-colheita. Apesar dos frutos do estágio vermelho (45 DAA) terem apresentado maior média geral nos tempos 0 e 7 dias de armazenamento (20,69 g e 17,89 g, respectivamente), foi inferior (13,20 g) ao estágio alaranjado (30 DAA) no tempo 14 (14,37 g). É provável que esse comportamento esteja relacionado com o extravasamento de líquido devido à deterioração dos frutos vermelhos observado neste tempo em específico, no entanto, mesmo com essa variação não houve diferença significativa entre os estádios de maturação.

Tabela 1 – Médias das variáveis da biometria dos frutos de pimenta-de-cheiro em diferentes estádios de maturação ao decorrer do tempo de armazenamento.

Estádios de maturação	Tempo de armazenamento (dias)		
	0	7	14
	Peso (g fruto ⁻¹)		
Verde (15 DAA)	16,04 B a*	14,42 B ab	13,20 A b
Alaranjado (30 DAA)	19,83 A a	17,49 A a	14,37 A b
Vermelho (45 DAA)	20,69 A a	17,89 A b	13,20 A c
C.V. (%)	8,92		
	Diâmetro mediano (mm fruto ⁻¹)		
Verde (15 DAA)	30,49 A a	27,13 B b	27,98 A b
Alaranjado (30 DAA)	30,39 A a	31,33 A a	27,60 A b
Vermelho (45 DAA)	30,99 A a	30,48 A a	27,11 A b
C.V. (%)	3,12		
	Comprimento (mm fruto ⁻¹)		
Verde (15 DAA)	78,46 B a	83,81 A a	84,48 A a
Alaranjado (30 DAA)	92,25 A a	87,12 A ab	84,37 A b
Vermelho (45 DAA)	90,77 A a	86,97 A ab	82,88 A b
C.V. (%)	4,67		
	Espessura da polpa (mm fruto ⁻¹)		
Verde (15 DAA)	2,91 A a	1,90 A b	1,48 A c
Alaranjado (30 DAA)	2,66 B a	1,77 A b	1,30 AB c
Vermelho (45 DAA)	2,69 AB a	1,96 A b	1,06 B c
C.V. (%)	6,98		

Fonte: Elaborado pelos autores. Legenda: *Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; DAA = Dias após a antese; C.V. = Coeficiente de variação.

Em relação ao diâmetro mediano dos frutos, observou-se que os frutos vermelhos na ausência de armazenamento expressou média geral (30,99 mm) superior aos demais dias de avaliação, enquanto aos 14 dias de armazenamento a maior média (27,98 mm) do diâmetro mediano do fruto foi no estágio verde. No entanto, não houve diferença significativa entre os estádios de maturação em ambos os tempos de armazenamento, porém houve redução significativa do diâmetro dos frutos dos estádios conforme avanço dos tempos de armazenamento pós-colheita.

Quanto ao comprimento do fruto, ficou evidente que sem o armazenamento, os frutos do estágio alaranjado (92,25 mm) comportam-se de maneira estatisticamente semelhante ao estágio vermelho (90,77 mm) com superioridade em relação aos frutos verdes (78,46 mm). Ao fim do armazenamento, os frutos dos estádios alaranjado (84,37 mm) e vermelho (82,88 mm) mostram uma redução significativa no comprimento, o que sugere que frutos mais maduros podem ser mais suscetíveis à perda de tamanho devido à desidratação.

Para a espessura da polpa, foi observado que no tempo 0 de armazenamento os frutos do estágio verde apresentaram maior média (2,91 mm), seguida pelos estádios vermelho (2,66 mm) e alaranjado (2,66 mm). Já nos tempos de armazenamento 7 (1,90 mm, 1,77 mm e 1,96 mm para os frutos dos estádios verde, alaranjado e vermelho, respectivamente) e 14 dias (1,48 mm, 1,30 mm e 1,06 mm para os frutos dos estádios verde, alaranjado e vermelho, respectivamente), todos os estádios de maturação expressaram redução na espessura conforme avanço do tempo de armazenamento, demonstrando que esse influenciou significativamente na diminuição da espessura da polpa.

A avaliação da biometria dos frutos, sobretudo quanto às variáveis de peso e comprimento dos frutos, indica valores expressivos dessas variáveis conforme avanço da maturação dos frutos sob ausência do armazenamento. Isso se deve principalmente ao acúmulo de água conforme observado por Jorge *et al.* (2018) que encontraram 18,43 mm e 35,68 mm de comprimento para a pimenta biquinho nos estádios verde e vermelho, respectivamente, o que evidencia tal acúmulo.

No entanto, houve inversão deste comportamento para os 14 dias de armazenamento, inclusive com diferença significativa para a espessura da polpa, uma vez que por se tratarem de frutos climatéricos, aqueles colhidos verdes resistem mais tempo ao armazenamento do que frutos colhidos maduros por conta da menor atividade respiratória (Neves, 2016).

Além disso, a análise da biometria dos frutos ainda aponta para a redução das variáveis conforme avanço do tempo de armazenamento pós-colheita dos frutos, isso se deve, sobretudo pelo caráter climatérico das pimentas, ou seja, há aumento da taxa respiratória após o amadurecimento que gera perda de água e de matéria seca. Esse fenômeno é ainda mais evidente em frutos colhidos vermelhos, pois esses estão naturalmente mais próximos da senescência (Rêgo *et al.*, 2023).

Um comportamento semelhante, com medidas crescentes quanto a perda de massa frente ao tempo de armazenamento foi encontrado por Freitas (2014) ao trabalhar com híbridos de mamoeiro, que também é um fruto climatérico, em diferentes condições de armazenamento. No entanto, o parâmetro com maior representação dessa perda foi a espessura da polpa devido ao consumo das reservas e perda de água causadas pela respiração. Cabe ressaltar que o armazenamento da pimenta-de-cheiro também causou maior redução da espessura da polpa para todos os estádios de maturação, o que corresponde aos resultados encontrados por Pereira *et al.* (2014) para a pimenta dedo-de-moça armazenada por 10 dias.

As mudanças de coloração de acordo com o avanço dos estádios de maturação e do tempo de armazenamento (Figura 5) têm relação com a degradação da clorofila e conversão

dos cloroplastos em cromoplastos que resultam no acúmulo de carotenóides, o pigmento que confere a cor vermelha às pimentas. Ademais, o amolecimento e extravasamento do conteúdo de frutos vermelhos armazenados por 14 dias muito tem a ver com ação de enzimas que degradam as paredes celulares dos frutos (Taiz *et al.*, 2017).

Por fim, o cultivo de pimenta-de-cheiro tem importância socioeconômica sobretudo para a agricultura familiar, uma vez que esta espécie é comercializada de forma majoritária em feiras livres e mercados regionais (Carvalho *et al.*, 2021). Com isso, o estudo do comportamento dos frutos frente ao repouso pós-colheita também é uma ferramenta para auxiliar na melhoria das condições de comercialização, uma vez que ficou evidente que frutos mais maduros têm perdas nas características comerciais quando comparados com os frutos imaturos, sendo, portanto os verdes mais recomendados para venda (Rêgo *et al.*, 2023).

5.2 Caracterização das sementes

A massa seca de 100 sementes varia conforme o estágio de maturação (Tabela 2), onde sem o armazenamento, as sementes do estágio verde demonstraram valores menores (0,21 g) em comparação ao estágio alaranjado (0,39 g) e vermelho (0,40 g) que estatisticamente obtiveram resultados estatisticamente semelhantes. A massa seca das sementes também é influenciada pelo tempo de armazenamento, pois no estágio verde percebeu-se um leve aumento até 7 dias (0,26 g), diminuindo aos 14 dias (0,22 g), já o alaranjado permanece estatisticamente constante até 7 dias, com queda aos 14 dias (0,35 g) e o vermelho manteve estatística ao longo dos 14 dias.

Tabela 2 – Médias da massa seca de 100 sementes dos frutos de pimenta-de-cheiro em diferentes estádios de maturação ao decorrer do tempo de armazenamento.

Estádios de maturação	Tempo de armazenamento (dias)		
	0	7	14
	Massa seca de 100 sementes (g)		
Verde (15 DAA)	0,21 B b*	0,26 B a	0,22 C b
Alaranjado (30 DAA)	0,39 A a	0,38 A a	0,35 B b
Vermelho (45 DAA)	0,40 A a	0,38 A a	0,38 A a
C.V. (%)	4,25		

Fonte: Elaborado pelos autores. Legenda: *Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; DAA = Dias após a antese; C.V. = Coeficiente de variação.

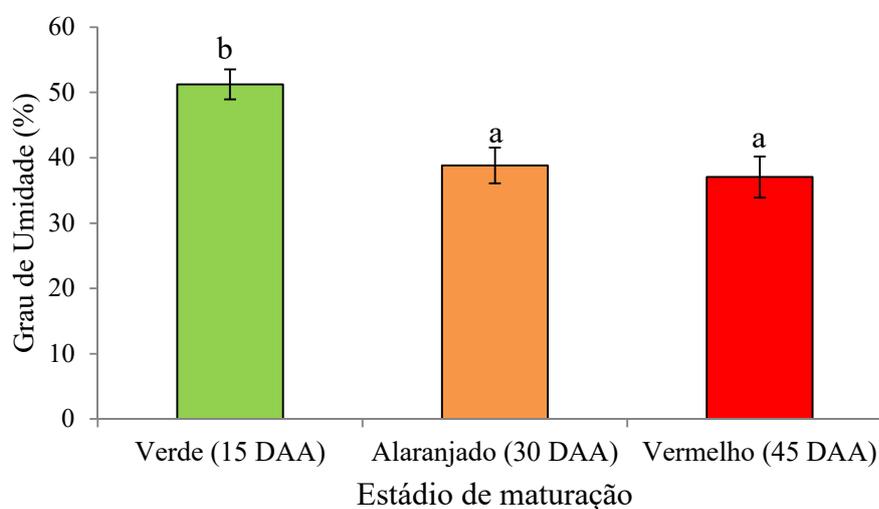
Resultados semelhantes foram observados por Rodrigues *et al.* (2018), onde buscaram caracterizar a fenologia, produtividade e maturação de frutos e sementes de *Physalis*

peruviana L. cultivada em casa de vegetação no semiárido paraibano, constatando que conforme o avanço da maturação se atinge maior nível de massa seca (50,34 mg) aos 37 DAA, coincidindo com a maturidade tanto dos frutos quanto das sementes.

O aumento da massa seca de 100 sementes ao longo da maturação ocorre devido ao acúmulo de metabólitos transferidos da planta-mãe para as sementes, promovendo o acúmulo de nutrientes de reserva e, conseqüentemente, modificações nas características físicas das sementes (Gonçalves *et al.*, 2015). Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), o ponto de máximo acúmulo de massa seca é um importante indicador de maturidade fisiológica. Esse conceito explica por que as sementes no estágio vermelho mantiveram uma massa seca constante durante o armazenamento, enquanto as sementes no estágio verde apresentaram um leve aumento, ainda em processo de atingir a maturidade. A estabilidade da massa seca para os frutos maduros ao decorrer do tempo de armazenamento pós-colheita é comum para diversas culturas como, por exemplo, a pimenta Dedo-de-moça (Pereira *et al.*, 2014), pimentão genótipo 190-2 (Colombari, 2019) e maracujá amarelo (Araújo *et al.*, 2007).

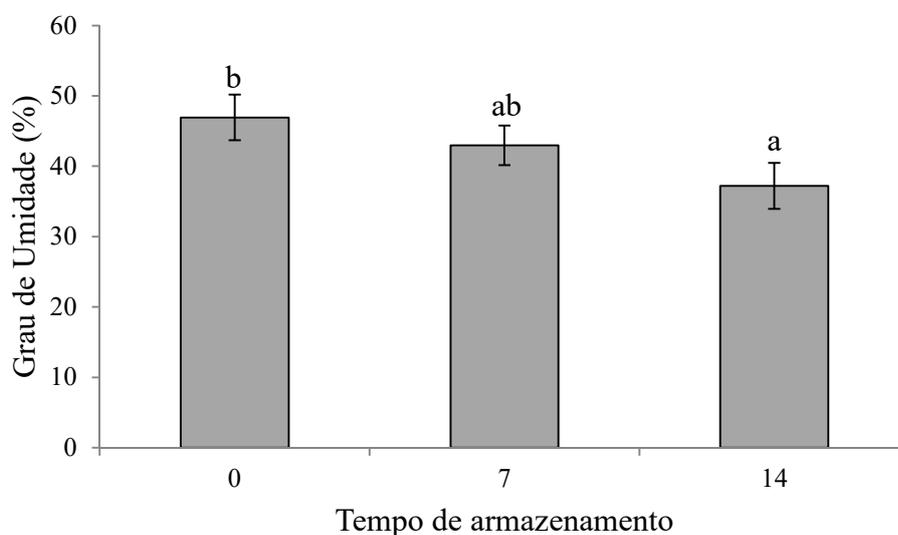
O grau de umidade das sementes decresceu conforme avanço do estágio de maturação dos frutos (Figura 11), com frutos vermelhos (37%) e alaranjados (39%) se comportando de maneira superior, ou seja, com menores teores de água quando comparados aos frutos verdes (51%). Comportamento decrescente semelhante foi verificado para o tempo de armazenamento dos frutos (Figura 12), observando-se teores de 47%, 43% e 37% para os frutos armazenados por 0, 7 e 14 dias, respectivamente. Aqueles armazenados por 14 dias obtiveram superioridade estatística.

Figura 11 - Grau de umidade (%) de sementes de pimenta-de-cheiro em diferentes estádios de maturação.



Fonte: Autores (2024).

Figura 12 - Grau de umidade (%) de sementes de pimenta-de-cheiro em diferentes tempos de armazenamento pós-colheita dos frutos.



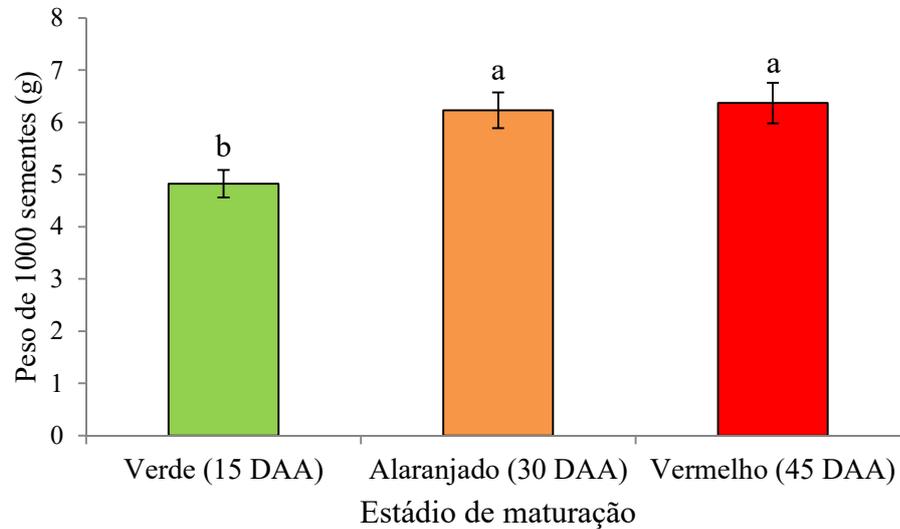
Fonte: Autores (2024).

O decréscimo do grau de umidade frente ao avanço da maturação se deve a necessidade de sementes de frutos jovens em realizar a síntese de tecidos de reserva, ou seja, ainda apresentam desenvolvimento incompleto. Todo esse processo metabólico necessita de meio aquoso, conforme observado por Pereira *et al.* (2014) com teores de 58% e 36% para frutos de *Capsicum baccatum* L. com coloração vermelha intensa e verde intensa, respectivamente. Outrossim, é importante observar que o decréscimo do grau de umidade é acompanhado pelo aumento da massa seca (Tabela 2) e tal relação entre esses parâmetros é um indicador de maturidade para Taiz *et al.* (2017).

Apesar disso, o grau de umidade não é um bom indicador de maturidade para frutos carnosos, pois mesmo as sementes de frutos maduros apresentaram teores elevados de umidade, uma vez que o acúmulo de solutos, sobretudo açúcares, gera um baixo potencial hídrico nos frutos que mantém os teores de água elevados, mas abaixo da necessidade para haver germinação (Vidigal *et al.*, 2011). Já o decréscimo do teor de água das sementes frente ao tempo de armazenamento tem relação com o preparo metabólico das sementes para a maturidade fisiológica e consequente germinação (Jorge *et al.*, 2018).

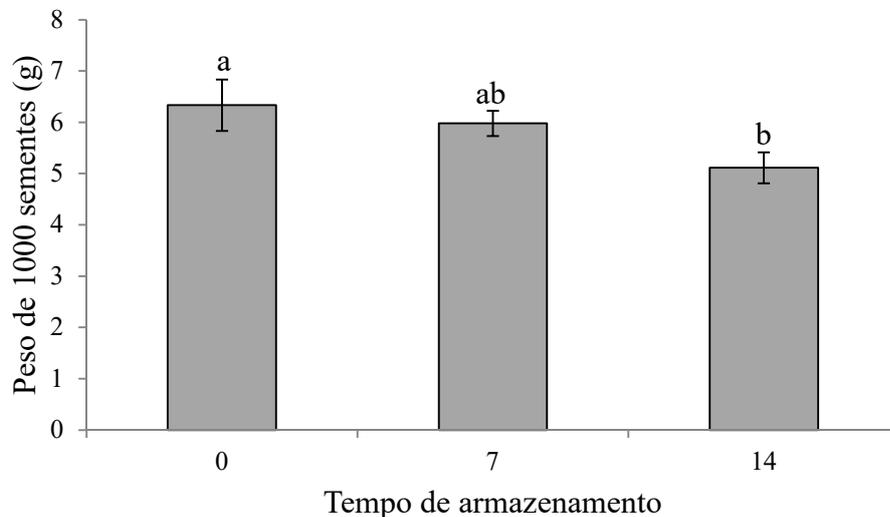
Sobre o peso de 1000 sementes, constatou-se aumento conforme os estádios de maturação dos frutos (Figura 13), onde sementes de frutos vermelhos (6,37 g) e alaranjados (6,23 g) obtiveram um peso elevado em comparação ao verde (4,83 g). Esse desempenho foi divergente em relação ao tempo de armazenamento (Figura 14), pois conforme o aumento deste se observou um decréscimo no peso.

Figura 13 – Peso de 1000 sementes (g) de sementes de pimenta-de-cheiro em diferentes estádios de maturação.



Fonte: Autores (2024).

Figura 14 - Peso de 1000 sementes (g) de sementes de pimenta-de-cheiro em diferentes tempos de armazenamento pós-colheita dos frutos.



Fonte: Autores (2024).

Esse fenômeno de aumento conforme os estádios de maturação pode ser observado também na massa seca de 100 sementes (Tabela 1), onde o avanço dos estádios de maturação resultou em um aumento da massa. É fundamental destacar que esse processo de aumento do peso de 1000 sementes conforme o estágio está diretamente relacionado ao aumento do potencial fisiológico das sementes, uma vez que sementes de estádios mais avançados estão

mais bem formadas conforme observado por Gonçalves *et al.* (2015) para a pimenta biquinho com máximo (3,9 g) atingido com frutos vermelho-carmim.

Já em relação ao decréscimo do peso de 1000 sementes quando submetidos ao processo de armazenamento (6,33 g; 5,98 g e 5,11 g para 0, 7 e 14 dias, respectivamente) (Figura 14), pode estar relacionado a alguns processos fisiológicos como a respiração intensa devido a permanência da semente no fruto após a colheita e isso pode acarretar em perda dos tecidos de reserva e conseqüente diminuição da qualidade fisiológica, conforme observado por Rodrigues (2018) para a cultura do *Fisális*.

5.3 Germinação e vigor de sementes de pimenta-de-cheiro

As sementes de *C. chinense* apresentam dormência fisiológica sendo associada a um bloqueio natural do embrião e esse fato pode promover baixa germinação aos lotes desta espécie de pimenta (Léon, 2021). Esse conceito explica os baixos valores de germinação de uma maneira geral observados (Tabela 3).

Tabela 3 – Médias de germinação, primeira contagem de germinação, emergência, índice de velocidade de emergência, comprimento e matéria seca de plântulas e condutividade elétrica de sementes de pimenta-de-cheiro em diferentes estádios de maturação ao decorrer do tempo de armazenamento.

Estádios de maturação	Tempo de armazenamento (dias)		
	0	7	14
Germinação (%)			
Verde (15 DAA)	0,00 B b*	0,00 C b	21,50 C a
Alaranjado (30 DAA)	3,50 B c	22,00 B b	38,00 B a
Vermelho (45 DAA)	41,50 A a	36,00 A b	44,00 A a
C.V. (%)	13,24		
Primeira contagem de germinação (%)			
Verde (15 DAA)	0,00 B b	0,00 C b	9,00 C a
Alaranjado (30 DAA)	1,00 B c	10,00 B b	17,00 B a
Vermelho (45 DAA)	22,50 A b	18,00 A c	28,00 A a
C.V. (%)	18,50		
Emergência (%)			
Verde (15 DAA)	0,50 C b	18,50 B a	28,00 B a
Alaranjado (30 DAA)	35,00 B b	85,00 A a	81,00 A a
Vermelho (45 DAA)	83,00 A a	84,00 A a	81,50 A a
C.V. (%)	15,19		
Índice de Velocidade de Emergência - IVE			
Verde (15 DAA)	0,03 C b	1,40 C ab	3,61 B a
Alaranjado (30 DAA)	2,91 B b	11,84 A a	9,34 A a
Vermelho (45 DAA)	8,44 A a	7,74 B a	7,99 A a
C.V. (%)	24,89		
Comprimento de Plântulas (cm plântula ⁻¹)			
Verde (15 DAA)	0,50 B c	4,65 B b	8,06 A a
Alaranjado (30 DAA)	7,25 A a	9,08 A a	9,27 A a
Vermelho (45 DAA)	8,81 A a	8,90 A a	8,54 A a
C.V. (%)	18,00		
Matéria seca de plântulas (mg plântula ⁻¹)			
Verde (15 DAA)	0,65 B b	3,80 B ab	7,54 A a
Alaranjado (30 DAA)	5,75 A b	8,95 A a	10,21 A a
Vermelho (45 DAA)	10,02 A a	9,38 A a	8,04 A a
C.V. (%)	34,83		
Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$)			
Verde (15 DAA)	1,68 C b	1,19 B a	1,13 B a
Alaranjado (30 DAA)	0,85 B b	0,73 A a	0,73 A a
Vermelho (45 DAA)	0,72 A a	0,67 A a	0,64 A a
C.V. (%)	7,25		

Fonte: Elaborado pelos autores. Legenda: *Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; DAA = Dias após a antese; C.V. = Coeficiente de variação.

Houve acréscimos significativos na germinação de acordo com o aumento do tempo de armazenamento para os estádios verde (0%, 0%, 21,5% aos 0, 7 e 14 dias, respectivamente) e alaranjado (3,5%, 22%, 38% aos 0, 7 e 14 dias, respectivamente), sendo que uma justificativa seria pela colheita antecipada dos frutos, o que permite que as sementes aproximem-se a maturidade fisiológica com o decorrer do armazenamento pós-colheita (Vidigal *et al.*, 2006).

Pereira *et al.* (2014) afirmam que é normal que frutos imaturos proporcionem sementes com baixa germinação ou até mesmo inférteis, isso explica a ausência de germinação do estádio verde durante os estádios de 0 e 7 dias, com baixa taxa aos 14 dias (21,5%). Comportamento semelhante de baixa germinação foi observado para o estádio alaranjado sem repouso (0%) e com 7 dias de armazenamento (22%). Apesar do melhor desempenho do estádio alaranjado aos 14 dias (38%), esse é considerado intermediário quando comparado com os outros estádios do mesmo tempo de armazenamento.

O estádio vermelho obteve melhor desempenho geral, esse comportamento é também observado para outras espécies de pimenta. Justino *et al.* (2010) inferiram que para a pimenta Dedo-de-moça (*Capsicum baccatum*) o estádio vermelho intenso alcançou a maior média de germinação (59%).

Além disso, para o estádio vermelho houve tendência uniforme de germinação nos diferentes períodos de pós-colheita com pequeno decréscimo no tempo de 7 dias, o que indica pela não necessidade de armazenamento pós-colheita a fim de aumentar as taxas de germinação. Sobre isso, Aguilar (2023) afirma que quando os frutos de berinjela (*Solanum melongena* L.) são colhidos maduros, eles já alcançaram a maturidade e o repouso pós-colheita apenas mantém a qualidade fisiológica das sementes.

Esse comportamento germinativo uniforme do estádio vermelho frente ao tempo de armazenamento difere do encontrado por Pereira *et al.* (2014) para a Pimenta Dedo-de-moça (*Capsicum baccatum* L.), pois apesar das sementes oriundas de frutos com coloração vermelho-intenso (45 DAA) apresentarem a maior taxa de germinação sem armazenamento (25%), o repouso por 10 dias dos frutos condicionou melhora para o parâmetro (40%). No entanto, Marcos-Filho (2015) aponta que diversos fatores podem influenciar a germinação, com destaque para a espécie, ou seja, dentro de uma mesma família haverá comportamentos distintos para as espécies.

Para a primeira contagem de germinação houve acréscimos significativos conforme avanço do estádio de maturação para todos os tempos observados, com as sementes obtidas de frutos vermelhos sendo superiores (22,5%, 18% e 28%, aos 0, 7 e 14 dias, respectivamente),

com seu ápice aos 14 dias e o tempo 0 se comportando de maneira intermediária, além disso, para os estádios verde (0%, 0% e 9%, aos 0, 7 e 14 dias, respectivamente) e alaranjado (1%, 10% e 17%, aos 0, 7 e 14 dias, respectivamente) houve acréscimos de acordo com o passar do tempo de armazenamento.

Esses resultados apontam o maior vigor de sementes extraídas de frutos colhidos vermelhos, uma vez que tiveram a capacidade de germinar com maior rapidez conforme descrito por Vidigal *et al.* (2011) que observou maior primeira contagem (56%) a partir de 60 DAA quando os frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L. cultivar amarelo comprido) estavam vermelhos. Além disso, o armazenamento permitiu melhorias nos estádios verde e alaranjado, consoante aos resultados de Pereira *et al.* (2014) que atribuíram germinação nula e, conseqüente, baixo vigor para sementes de frutos colhidos de forma antecipada e melhoria nessas variáveis conforme avanço do tempo de armazenamento.

Na emergência pode-se observar que as sementes do estágio de maturação verde apresentaram baixos índices (0,5%, 18,5% e 28%, aos 0, 7 e 14 dias, respectivamente), mesmo que do tempo 0 para o 7 tenha mostrado um aumento, este ainda foi baixo em comparação com outros estádios. Já as do estágio alaranjado no tempo 0 (35%) tiveram um comportamento intermediário, sendo o vermelho com melhor desempenho (83%) na ausência de armazenamento. No entanto, quando as sementes de frutos alaranjados foram submetidas aos 7 e 14 dias de armazenamento (85% e 81%, respectivamente), exibiram um aumento na emergência, tornando-se estatisticamente semelhante às do estágio vermelho (84% e 81,5%, respectivamente) que se manteve estável, não sofrendo alteração estatística com o armazenamento, mostrando que em alguns casos, o armazenamento ajuda a melhorar a emergência em estádios intermediários e imaturos.

Estádios mais avançados de maturação dos frutos (vermelho intenso e vermelho intenso murcho) obtiveram um melhor percentual de plantas emergidas (71% e 73%, respectivamente) de pimenta biquinho, isso devido ao fato destas apresentarem melhor qualidade fisiológica (Oliveira *et al.*, 2019).

Em contrapartida, os resultados da emergência para frutos vermelhos diferem dos encontrados por Queiroz *et al.* (2011) que em sua pesquisa com pimenta Habanero Yellow, perceberam que as sementes oriundas de frutos colhidos ao 67 dias após a antese (DAA) e mantidas em repouso nos frutos por sete dias a emergência foi maior (68%) em comparação com as sementes colhidas aos 67 DAA que não passaram pelo período de repouso nos frutos (31%). Apesar disso, esses autores observaram que as sementes colhidas em estágio iniciais

de desenvolvimento, aos 50 e 60 (1% e 4%, respectivamente), também obtiveram uma menor emergência, muito relacionada à imaturidade e presença de dormência.

Os dados de emergência neste estudo foram mais elevados, comparando-se aos de germinação. Isso pode estar relacionado com a superação da dormência, uma vez que para a germinação foi utilizado o método recomendado pela Regra de Análise de Sementes - RAS (Brasil, 2009) que sugere a utilização de solução de 0,2% de Nitrato de potássio (KNO_3). Acerca disso, Motta (2023) aponta pela ineficácia desse método e propõe a lavagem das sementes em água corrente por uma hora, sendo importante ressaltar que as bandejas do teste de emergência eram molhadas duas vezes por dia, o que pode ter superado a dormência dos lotes.

Para o IVE, observou-se que as sementes oriundas do estádio vermelho (8,44) dos frutos foram superiores, as sementes do estádio alaranjado (2,91) foram intermediárias e as do verde (0,03) inferiores na ausência de armazenamento. Aos sete dias de armazenamento, houve inversão entre os estádios vermelho (7,74) e alaranjado (11,84), com as sementes de frutos do estádio alaranjado obtendo superioridade e aos 14 dias de armazenamento ambos os estádios se comportaram de maneira estatisticamente semelhante (9,34 e 7,99 para os estádios alaranjado e vermelho, respectivamente) sendo superiores àquelas do estádio verde (3,61).

Resultados semelhantes foram encontrados por Jorge *et al.* (2018) para a pimenta biquinho, onde os autores relacionam o baixo IVE observado (0,33) das sementes oriundas de frutos verdes ao baixo poder de germinar chegando a ser inférteis. Além disso, esses autores atribuem a superioridade das sementes dos estádios alaranjado (1,73) e vermelho (3,01) ao fato de estarem mais próximas da maturidade, o que causa agilidade na emergência e uma maior uniformidade no estande.

Já no comprimento de plântulas, observou-se que as sementes do estádio verde de maturação, no tempo 0 de armazenamento apresentaram menor tamanho de plântulas (0,5 cm plântula⁻¹). No entanto, quando expostas ao tempo 7 tiveram um aumento significativo (4,65 cm plântula⁻¹) obtendo aos 14 dias (8,06 cm plântula⁻¹) resultado estatisticamente semelhantes dos estádios vermelho (8,54 cm plântula⁻¹) e alaranjado (9,27 cm plântula⁻¹), vale observar que esses estádios tiveram um comportamento constante não sofrendo alteração estatística quando submetidas aos tempos de armazenamento.

A explicação para o aumento do comprimento das plântulas no estádio verde após o armazenamento pode estar relacionada diretamente à maturidade fisiológica das sementes, uma vez que esse processo pode ocorrer mesmo após a colheita dos frutos, desde que sejam mantidos por um período adequado em condições ambientais apropriadas. A estratégia do

armazenamento favorece o alcance da maturidade fisiológica, resultando em plântulas mais vigorosas (Silva; Vespucci; Alves, 2015).

Donato *et al.* (2015), em sua pesquisa sobre a qualidade fisiológica de sementes de melão em função da maturação dos frutos inferem que as sementes provenientes dos estádios mais avançados não mostraram diferenças estatisticamente significativas entre si com plântulas com maior comprimento (11,39 e 11,67 cm plântula⁻¹, para sementes oriundas de frutos com coloração amarela e epiderme rendilhada e frutos amarelos e epiderme rendilhada em estágio avançado de maturação, respectivamente).

Já os frutos mais jovens provêm sementes com menor vigor, corroborando com isso, Jorge *et al.* (2018) apontaram inferioridade para o estágio verde ao decorrer do tempo de armazenamento (35,62 mm, 34,50 mm e 46,51 mm, para 0, 7 e 14 dias de armazenamento, respectivamente) quando comparados com os estádios alaranjado (44,72 mm, 47,26 mm e 55,19 mm para 0, 7 e 14 dias de armazenamento, respectivamente) e vermelho (54,76 mm, 38,87 mm e 53,51 mm para 0, 7 e 14 dias de armazenamento, respectivamente), esses últimos estádios obtiveram maior homogeneidade estatística, por vezes não diferindo entre si.

O teste de matéria seca de plântulas indicou similaridade entre as sementes dos estádios vermelho (10,02 mg plântula⁻¹, 9,38 mg plântula⁻¹ e 8,04 mg plântula⁻¹ para 0, 7 e 14 dias de armazenamento, respectivamente) e alaranjado (5,75 mg plântula⁻¹, 8,95 mg plântula⁻¹ e 10,21 mg plântula⁻¹ para 0, 7 e 14 dias de armazenamento, respectivamente) em todos os tempos de armazenamento, além disso as sementes de frutos verdes armazenadas por 14 dias (7,54 mg plântula⁻¹) se comportaram de maneira similar a dos estádios vermelho e alaranjado.

Lotes de sementes que proporcionam maior matéria seca de plântulas possuem menos danos e conseguem transferir matéria do tecido de reserva para o eixo embrionário com mais eficiência (Krzyzanowski *et al.*, 2021). Ou seja, sementes oriundas de frutos vermelhos e alaranjados são mais vigorosas, com o armazenamento sendo eficiente em melhorar as médias do estágio alaranjado a partir dos 7 dias e do estágio verde a partir dos 14 dias.

Frutos maduros de *Physalis peruviana* proporcionam maiores médias de matéria seca de plântulas, pois as sementes de frutos colhidos maduros (depois de completamente amarelos) possuíam bom o acúmulo de reservas em seus tecidos, conferindo maior matéria seca total de plântulas (29,28 mg plântulas⁻¹) (Rodrigues, 2018). Consonante a isso, Costa, Carmona e Nascimento (2006) apontam que abóboras híbridas Tetsukabuto com idades de 50 e 60 DAA conferem maior massa seca de plântulas, no entanto a análise conjunta dos testes comprova a necessidade de armazenamento para os frutos colhidos aos 50 DAA. Essa análise se faz necessária uma vez que o teste de matéria seca representa a massa por plântula.

Em relação à condutividade elétrica foi observado que ocorreu uma redução conforme o avanço da maturação e período de armazenamento. As sementes do estádio verde tiveram a maior condutividade sem armazenamento ($1,68 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$), as do alaranjado se comportaram de modo intermediário ($0,85 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) e as vermelhas apresentando a menor ($0,72 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$). Quando os lotes foram armazenadas por 7 e 14 dias, as sementes do estádio verde tiveram uma leve diminuição ($1,19 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ e $1,13 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$, respectivamente), já as alaranjadas reduziram de modo significativo ($0,73 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ e $0,73 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$, respectivamente), mantendo seu resultados estatisticamente semelhantes até dos 7 os 14 dias com as oriundas do estádio vermelho ($0,67 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ e $0,64 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$, respectivamente). Vale observar que as sementes do estádio vermelho não apresentaram alteração significativa quando expostas ao armazenamento.

Resultados semelhantes foram observados por Vidigal *et al.* (2011), onde em sua pesquisa com pimentão (*Capsicum annuum* L.), no qual as sementes provenientes de frutos dos estádios iniciais de maturação (20 e 25 DAA) mostraram valores elevados de condutividade elétrica ($461,18 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ e $375,77 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$), sendo que frutos mais maduros (70 e 75 DAA) apresentaram menor leitura ($54,60 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ e $43,87 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$), demonstrando que com avanço da maturação ocorre diminuição da lixiviação de solutos tendo assim uma melhor organização das membranas.

Nas fases iniciais de maturação dos frutos, as sementes apresentam um potencial fisiológico reduzido, devido à menor organização e seletividade das membranas celulares (Vidigal *et al.*, 2008). Isso resulta em uma maior perda de eletrólitos, o que justifica os elevados valores de condutividade elétrica observados no estádio verde, no entanto, conforme observado por Pereira *et al.* (2014) quando submetidos ao armazenamento ocorre redução devido a possibilidade de melhoria na estruturação das membranas, uma vez que no referido estudo esses autores encontram $772,52 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ de condutividade para o estádio verde no momento da colheita e $562,50 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ aos dez dias de armazenamento dos frutos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De maneira geral, os parâmetros biométricos aumentam conforme o avanço do estágio de maturação, no entanto reduzem com o decorrer do tempo de armazenamento. Além disso, sementes de pimenta-de-cheiro (*Capsicum chinense* Jacq.) provenientes de frutos vermelhos, colhidos aos 45 dias após a antese, apresentam melhor qualidade fisiológica, e dispensa o repouso pós-colheita dos frutos.

O repouso pós-colheita aumenta especialmente o vigor das sementes oriundas de frutos nos estádios alaranjado (30 DAA) e verde (15 DAA). No entanto, sementes de frutos verdes, por ainda estarem distantes da maturidade fisiológica, não são recomendadas para a propagação da espécie. Assim, a escolha do estágio de maturação adequado é fundamental para garantir a qualidade e o sucesso da produção de sementes de pimenta-de-cheiro.

REFERÊNCIAS

- AGUILAR, A. S. *et al.* Qualidade fisiológica e atividade de enzimas antioxidantes em sementes de berinjela com diferentes idades e períodos de repouso após a colheita. **Horticultura Brasileira**, v. 41, p. e2478, 2023.
- ALVES, Alex Silva *et al.* Influência dos diferentes estágios de maturação do fruto na germinação de sementes de pimenta de cheiro. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 1197-1201, 2020.
- AMARO, Hugo TR *et al.* Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 3, p. 383-389, 2015.
- ARAÚJO, Erneida Coelho de *et al.* Estádio de maturação e qualidade de sementes após repouso de frutos de maracujá amarelo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, p. 67-76, 2007.
- ARAÚJO, Roberto Fontes *et al.* Physiological changes and antioxidant enzymes activity in Biquinho and Malagueta pepper seeds during the maturation process. **Revista Ceres**, v. 65, n. 6, p. 534-54, 2018.
- BARBOSA, Roneres Deniz. **CARACTERIZAÇÃO DE Colletotrichum spp. ASSOCIADOS À ANTRACNOSE E AVALIAÇÃO DA ADUBAÇÃO E CONTROLE QUÍMICO NA INTENSIDADE DA DOENÇA E PRODUÇÃO DA PIMENTA-DE-CHEIRO (*Capsicum chinense* Jacq.)**. 2024. 92 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia Tropical, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2024.
- BARROS NETO, Jaime José da Silveira *et al.* (ed.). **Sementes: estudos tecnológicos**. Aracaju: IFS, 2014. 285 p.
- BERNARDES JÚNIOR, Enilton José; VALE, Luís Sérgio; SOUSA, Cleiton. Indução ao enraizamento de estacas de *Capsicum baccatum* L. var. *pendulum* com ácido indolbúltírico. **Enciclopédia Biosfera**, v. 14, n. 25, 2017.
- BRASIL, Edilson Carvalho; CRAVO, Manoel da Silva; VIÉGAS, Ismael de Jesus Matos (ed.). **Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2020. 419 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 2009. 399 p.
- CARVALHO, Joianias da Silva. **Produção de pimenta dedo-de-moça em função de doses de hidrogel e turnos de irrigação**. Dissertação (Mestrado em Irrigação no Cerrado). Instituto Federal Goiano, Ceres, 2017.
- CARVALHO, Nelson Moreira; NAKAGAWA, João. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 590 p.
- CARVALHO, Sabrina Isabel Costa de *et al.* **Cultivo de pimenta-de-cheiro em Regiões Administrativas do Distrito Federal (Planaltina, Paranoá e Park Way) e ocorrências fitossanitárias**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2021. 40 p.

CARVALHO, Sabrina Isabel Costa de. de; LANA, Milza Moreira; RIBEIRO, Cláudia Silva da C. **Pimenta-de-cheiro**. 3. ed. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2020.

CARVALHO, Tereza Cristina de *et al.* Germinação de sementes de *Physalis angulata* L.: estágio de maturação do cálice e forma de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, p. 357-362, 2014.

CASCAES, Márcia Moraes *et al.* *Capsicum chinense* e *Capsicum frutescens*: pimenta. In: CORADIN, Lidio; CAMILLO, Julcéia; VIEIRA, Ima Célia Guimarães (ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região norte**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente – MMA, 2022. Cap. 5. p. 719-730.

COLOMBARI, Lidiane Fernandes. **Alterações fisiológicas, nutricionais e bioquímicas em sementes de pimentão, com frutos em diferentes estádios de maturação e do repouso pós-colheita**. 85 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2019.

COSTA, Caroline Jácome; CARMONA, Ricardo; NASCIMENTO, Warley Marcos. **Idade e tempo de armazenamento de frutos e qualidade fisiológica de sementes de abóbora híbrida**. Revista Brasileira de Sementes, v. 28, p. 127-132, 2006.

CUNHA, Lize de Moraes Vieira da *et al.* **Pimenta ‘biquinho’: aspectos agronômicos, qualidade de sementes e processamento**. 2020. Tese de Doutorado.

DA SILVA, Hellismar Wakson; SOARES, Renato Silva; VALE, Luís Sérgio Rodrigues. Qualidade das sementes de pimenta dedo-de-moça em função do repouso pós-colheita dos frutos. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 58, n. 4, p. 427-433, 2015.

DE PAULA JUNIOR, Trazilbo José; VENZON, Madelaine. **101 Culturas: manual de tecnologias agrícolas**. 2. ed. 2019: Epamig, 2019. 920 p.

DONATO, Luan Mateus Silva *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de melão em função do estágio de maturação dos frutos. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 1, p. 49-56, 2015.

FILGUEIRA, Fernando Antonio Reis. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 9. ed. Viçosa: Editora UFV, 2008.

FREITAS, Wallace Edelky de Souza. **Qualidade e potencial de conservação pós-colheita dos frutos de mamoeiro híbrido**. 120 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Mossoró, 2014.

GONÇALVES, Vanessa Damasceno *et al.* Maturação fisiológica de sementes de pimenta 'Bode Vermelha'. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 03, p. 137-146, 2015.

JORGE, Ellen Vanelly Custódio *et al.* Estádio de maturação e repouso pós-colheita dos frutos na qualidade de sementes de pimenta biquinho. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 61, 2018.

JUSTINO, Elaine Vaz; AMARAL-LOPES, Andrielle C.; NASCIMENTO, Warley Marcos. Efeito da maturação e do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de pimenta BRS Mari. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, p. 4347-4353, 2010.

KRZYŻANOWSKI, Francisco Carlos *et al* (ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. 2. ed. Londrina: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, 2021. 601 p.

LEÓN, M. J. Z. **Caracterização morfo-fisiológica de sementes de *Capsicum chinense* Jacquin e estratégias para aumento da qualidade e superação da dormência**. 108 f. Tese (Doutorado) - Curso de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2021.

LIMA, Juliana Maria Espíndola; SMIDERLE, Oscar José. Qualidade fisiológica de sementes de pimenta obtidas em frutos de diferentes estágios e armazenadas. **Semina Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 251, 2014.

LUZ, Francisco Joaci de Freitas. **Caracterizações morfológica e molecular de acessos de pimenta (*Capsicum chinense* Jacq.)**. 70 f. Tese (Doutorado) – Agronomia, Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

MAGUIRE, James David. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Sci.** v. 2, p. 176-177, 1962.

MARCOS-FILHO, Júlio. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: Abrates, 2015.

MEDEIROS CÂMARA, Francisco Mickael *et al*. Emergência de sementes de soja com diferentes porcentagens de infestação de mancha púrpura. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 15, n. 1, p. 18-22, 2019.

MOREIRA NETO, João Luiz Lopes. *et al*. Environments and substrates for “pimenta-de-cheiro” (*Capsicum chinense* Jacq.) seedling production in the Amazon savana. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 16, p. 1-15, 2022.

MOREIRA, Adônis *et al*. **Fertilizantes e corretivo da acidez do solo em pimenta-de-cheiro (*Capsicum chinense*) cultivada no Estado do Amazonas (1ª aproximação)**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2010.

MOTTA, Ruan Silva Pinto da. **Métodos para superação de dormência em *Capsicum chinense***. 28 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2023.

NEVES, Leandro Camargo (org.). **Manual pós-colheita da fruticultura brasileira**. Londrina: Eduel, 2016.

OLIVEIRA JUNIOR, R. C.; MELÉM JUNIOR, N. J. **Zoneamento agroecológico do município de Porto Grande/AP: Relatório Final**. Macapá: Embrapa, 2000. 68 p.

OLIVEIRA, Patrícia Cristina do Carmo *et al*. Qualidade fisiológica de sementes de pimenta biquinho obtidas de frutos com diferentes graus de maturação e submetidas a condições térmicas. In: **Colloquium Agrariae. ISSN: 1809-8215**. 2019. p. 49-57.

PEREIRA, André Gustavo Campinas *et al*. Potencial de comercialização de pimentas in natura na central de abastecimento do Estado do Pará. **Extensão Rural: práticas e pesquisas para o fortalecimento da agricultura familiar**, v. 2, p. 290-300, 2021.

- PEREIRA, Francisco Elder Carlos Bezerra *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de pimenta em função da idade e do tempo de repouso pós-colheita dos frutos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, p. 737-744, 2014.
- PINTO, Cleide Maria Ferreira *et al.* (org.). **Cultivo de Pimentas *Capsicum***. Viçosa: Epamig, 2022. 24 p.
- QUEIROZ, Leidiane Aparecida Ferreira *et al.* Época de colheita e secagem na qualidade de sementes de pimenta Habanero Yellow. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, p. 472-481, 2011.
- R Core Team. **R: a language and environment for statistical computing**. R Found. Stat Comput Vienna Austria, 2017.
- RÊGO, Elizanilda Ramalho do, *et al.* **Fisiologia e manejo pós-colheita de flores, frutos e hortaliças**. João Pessoa: Editora UFPB, 2023.
- RIBEIRO, Cláudia Silva da Costa (ed.) *et al.* **Pimentas: *Capsicum***. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. 200 p.
- ROCHA, Tawanny Stephaniee Lima *et al.* Características morfológicas de acessos de pimentas sob cultivo agroecológico. **Revista Contemporânea**, v. 3, n. 11, p. 20150–20169, 2023.
- RODRIGUES, Marília Hortencia Batista Silva. **Caracterização fenológica, produtividade e maturação de frutos e sementes de *Physalis peruviana* L.** Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2018.
- RODRIGUES, Marília Hortencia Batista Silva *et al.* Vigor de sementes: métodos para análise e fatores que o influenciam. **Meio Ambiente**, v. 2, n. 3, 2020.
- ROSÁRIO, Victória Natalia Moura *et al.* *Capsicum annuum* e *Capsicum chinense*: características físicas, físico-químicas, bioativas e atividade antioxidante. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 50414-50432, 2021.
- SCHUCH, Luis Osmar Braga; KOLCHINSKI, Eliane Maria; FINATTO, Jonas Alex. Qualidade fisiológica da semente e desempenho de plantas isoladas em soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, p. 144-149, 2009.
- SILVA, Cleisson Dener da *et al.* Estádio de maturação do fruto na qualidade fisiológica de sementes de maxixe. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v. 49, p. e53188-e53188, 2019.
- SILVA, Deyner Damas Aguiar; VESPUCCI, Igor Leonardo; ALVES, Sueli Martins Freitas. Qualidade fisiológica de sementes de pimenta bode roxa em função do grau de maturação e tempo de secagem. In: **Anais do Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG (CEPE)**(ISSN 2447-8687). 2015.
- SOUZA, Leonor Cristina Silva. **Resistência de genótipos de pimenta-de-cheiro (*Capsicum chinense* Jacq.) à antracnose (*Colletotrichum brevisporum*)**. 2018. Dissertação (Mestrado em Agricultura no Trópico Úmido). Instituto Nacional de Pesquisas na Amazônia - INPA, Manaus, 2018.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

VIDIGAL, Deborah de Souza *et al.* Changes in seed quality during fruit maturation of sweet pepper. **Scientia Agricola**, v. 68, p. 535-539, 2011.

VIDIGAL, Deborah de Souza *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de tomate em função da idade e do armazenamento pós-colheita dos frutos. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, p. 87-93, 2006.

VIDIGAL, Deborah de Souza *et al.* Teste de condutividade elétrica para semente de pimenta. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, p. 168-174, 2008.

APÊNDICE

Figura 11- Folder de divulgação dos resultados aos agricultores familiares.

A PIMENTA-DE-CHEIRO
(*Capsicum chinense*)

A pimenta-de-cheiro, única espécie de pimenta com origem brasileira, foi domesticada na Amazônia e é amplamente cultivada no Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste. Seus frutos, com baixa ardência, são usados principalmente como condimento, destacando-se pelo aroma e sabor únicos. Além disso, possuem propriedades nutricionais e medicinais, como efeitos analgésicos e anti-inflamatórios.

REFERÊNCIAS

Autores:
Adrielim Santiago: adrielimsantiago@gmail.com;
João Andrade joaoandrade444534@gmail.com
Breno Araújo breno.araujo@ifap.edu.br

PRODUÇÃO DE SEMENTES DE PIMENTA-DE-CHEIRO PARA UTILIZAÇÃO NA AGRICULTURA FAMILIAR

INSTITUTO FEDERAL
Amapá

Fonte: Autores (2024).

Figura 12 - Folder de divulgação dos resultados aos agricultores familiares (continuação).



CUIDADOS COM A PLANTA
para a extração de sementes

- Boa fertilidade do solo;
- Livre de grandes infestações de plantas daninhas;
- Livre de insetos-praga;
- Livre de encharcamento do solo;
- Evitar áreas já cultivadas com outras solanáceas (ex.: tomate, berinjela, pimentão);
- Eliminar plantas doentes ou subdesenvolvidas.

ESCOLHA DO FRUTO

- Sadios;
 - Sem manchas;
 - Consistência firme;
 - Cor uniforme.
- Inteiros;
 - Sem perfurações;
 - Sem rachaduras;
 - Bem formados.
- Completamente Vermelhos: aproximadamente 45 dias após a floração.

EXTRAÇÃO DAS SEMENTES

- Remoção logo após a colheita;
- Lavagem em água corrente;
- Secagem em temperatura ambiente por 24 a 48h;
- Secagem sob papel toalha e à sombra;
- Nunca secar a sol pleno;
- Armazenar em local refrigerado;
- Eliminar sementes com fungos e escuras.

Essas são condições ideais, nem sempre vão ser atingidas juntas, deve-se dar preferência a eliminação de plantas doentes uma vez que há doenças que se propagam por sementes.

Fonte: Autores (2024).