

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**

**HIPOCLORITO DE SÓDIO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA E INTEGRIDADE DO  
TEGUMENTO DE SEMENTES RECÉM-COLHIDAS DE PORTA-ENXERTOS  
CÍTRICOS**

Antonio Maricélio Borges de Souza  
*Doctor Scientiae*

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2025**

**ANTONIO MARICÉLIO BORGES DE SOUZA**

**HIPOCLORITO DE SÓDIO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA E INTEGRIDADE DO  
TEGUMENTO DE SEMENTES RECÉM-COLHIDAS DE PORTA-ENXERTOS  
CÍTRICOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: Eduardo Fontes Araujo

Coorientador: Mateus Pereira Gonzatto

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2025**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

S729h  
2025

Souza, Antonio Maricélio Borges de, 1992-

Hipoclorito de sódio na qualidade fisiológica e integridade do tegumento de sementes recém-colhidas de porta-enxertos cítricos / Antonio Maricélio Borges de Souza. – Viçosa, MG, 2025.

1 tese eletrônica (63 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Eduardo Fontes Araujo.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Agronomia, 2025.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2025.014>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Cítricos - Propagação por estaquia. 2. Germinação. 3. Integumento. 4. Dormência de semente. 5. Hipoclorito de sódio. I. Araujo, Eduardo Fontes, 1957-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. III. Título.

CDD 22. ed. 634.30435

**ANTONIO MARICÉLIO BORGES DE SOUZA**

**HIPOCLORITO DE SÓDIO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA E INTEGRIDADE DO  
TEGUMENTO DE SEMENTES RECÉM-COLHIDAS DE PORTA-ENXERTOS  
CÍTRICOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 6 de janeiro de 2025.

Assentimento:

---

Antonio Maricélio Borges de Souza  
Autor

---

Eduardo Fontes Araujo  
Orientador

Essa tese foi assinada digitalmente pelo autor em 09/01/2025 às 18:37:43 e pelo orientador em 09/01/2025 às 19:26:43. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **KSN6.HMGP.SSMF** e clique no botão 'Validar documento'.

Aos meus pais, Luiz Magalhães de Souza e Maria José dos Santos Borges,  
Aos meus irmãos, Francisco Antonio, Antonio Marcio e Anderson Mateus,  
As minhas cunhadas, Tatyane e Aldenira,  
Aos meus preciosos sobrinhos Kathely Sofia, Arthur, Matteo e Maria Júlia  
pelo incentivo, suporte e compreensão nos momentos em que estive ausente  
e por todo amor incondicional.

**DEDICO e OFEREÇO**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, por sempre me guiar, iluminar meu caminho, dando sempre força e coragem para nunca desistir.

Aos meus pais, Maria José dos Santos Borges e Luiz Magalhães de Souza, por todo amor, carinho, apoio e compreensão durante todos esses anos distantes.

Aos meus irmãos, Francisco, Marcio e Anderson Mateus, por todo carinho e incentivo e que, mesmo distantes, estão sempre torcendo pelo meu sucesso.

As minhas cunhadas, Tatyane e Aldenira por todo carinho e meus preciosos sobrinhos, Kathely Sofia, Arthur, Matteo e Maria Júlia, por serem fonte de estímulo nas minhas conquistas.

Aos meus demais familiares, pelas vibrações positivas.

Ao meu parceiro Washington, por todo amor, apoio, carinho e motivação.

Ao professor Eduardo, meu orientador, pela oportunidade, orientação, paciência, compreensão, confiança e compartilhamento de sua sabedoria. Meus sinceros agradecimentos!

Ao professor Mateus Gonzatto, meu coorientador, pela orientação e apoio. Meus sinceros agradecimentos!

Aos meus amigos, de sempre, para sempre, que venho somando desde os tempos da graduação, Keila Amaral, Whesley Lobato, Jiselly Leão, Nagib Lima e Ayla Leal por todo incentivo e apoio.

Aos meus demais amigos, pelo incentivo, apoio, carinho e companheirismo, em especial Jenifer Ramos, Cleidiane Rodrigues, Maura Brochado, Adaíla Oliveira, Ana Paula Coelho, Thiago Campos, Saulo Dantas, Igor Cristian e Lucas Guilherme.

Aos integrantes do Grupo de Estudos em Tecnologia e Produção de Sementes (GSem - UFV), em especial Samuel Gonçalves, Júlia Soares, Marcelo Limão, Ítallo Silva e Fernanda Mara, por todo apoio, parceria, compreensão, amizade e incentivo.

À querida professora Kathia Pivetta, que me orientou durante minha trajetória no mestrado, pela orientação, compreensão, amizade, carinho, confiança e respeito até os dias de hoje.

Aos técnicos do Laboratório de Sementes, em especial Wander Douglas, por compartilhar conosco sua sabedoria e por todo suporte durante a condução dos experimentos.

Aos demais professores da Universidade Federal de Viçosa, pelos ensinamentos durante esses anos de formação profissional.

À Universidade Federal de Viçosa, pelas experiências, excelente formação

e oportunidades que fizeram de mim um *Doctor Scientiae*.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## RESUMO

SOUZA, Antonio Maricélio Borges de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, janeiro de 2025. **HIPOCLORITO DE SÓDIO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA E INTEGRIDADE DO TEGUMENTO DE SEMENTES RECÉM-COLHIDAS DE PORTA-ENXERTOS CÍTRICOS**. Orientador: Eduardo Fontes Araujo. Coorientador: Mateus Pereira Gonzatto.

As mudas de porta-enxertos de citros são obtidas por meio de sementes, e algumas variedades apresentam germinação lenta e desuniforme, ocasionada pela presença do tegumento, que possui uma estrutura rígida. A retirada manual do tegumento acelera a germinação e emergência de plântulas dos porta-enxertos, porém torna-se inviável para grandes volumes de sementes. Nesse contexto, a aplicação de hipoclorito de sódio (NaClO) apresenta-se como uma alternativa promissora à remoção manual do tegumento, visando otimizar o processo germinativo das sementes e, conseqüentemente, contribuir para a eficiência na produção de mudas cítricas. Este trabalho teve como objetivo geral avaliar o efeito do hipoclorito de sódio na germinação e no vigor de sementes recém-colhidas de duas espécies de porta-enxertos, que são amplamente utilizadas na citricultura brasileira. Para tal, foram realizados dois experimentos, um para o porta-enxerto limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck) e o outro para o trifoliatoeiro 'Flying Dragon' (*Poncirus trifoliata* var. monstrosa), conduzidos em delineamento inteiramente casualizado. Para ambos, foram avaliados os efeitos de três concentrações de NaClO (0,0 – água destilada; 2,5 e 5,0% de cloro ativo), três tempos de imersão (3, 6 e 9 horas) e a testemunha adicional (sementes com tegumento e sem imersão em água ou solução de NaClO). Para o limoeiro 'Cravo', avaliou-se a germinação, a primeira contagem de germinação, a emergência de plântulas, o índice de velocidade e o tempo médio de emergência de plântulas. Verificou-se que o NaClO foi eficiente na degradação do tegumento das sementes. Houve incremento na germinação quando as sementes foram imersas na concentração de 2,5% de cloro ativo, por 6 horas. A imersão das sementes em NaClO não afetou a porcentagem de emergência e possibilitou maior velocidade e menor tempo médio de emergência de plântulas. A concentração de 5,0%, por 9 horas, afetou negativamente a germinação e o vigor. Conclui-se que a imersão das sementes em hipoclorito de sódio é uma alternativa para a degradação do tegumento e aceleração da germinação/emergência das sementes/plântulas de limoeiro 'Cravo', o que pode trazer grandes benefícios na produção das mudas. Para o trifoliatoeiro 'Flying Dragon', foram avaliados a germinação, a primeira contagem de germinação e a protusão radicular. Caracterizou-se, ainda, a área e o diâmetro máximo

das sementes pelo equipamento GroundEye e a superfície do tegumento por microscopia eletrônica de varredura. O uso do NaClO demonstrou eficácia na promoção da germinação, protusão radicular e primeira contagem de germinação, com resultados positivos associados ao aumento da concentração e do tempo de imersão das sementes. Os tratamentos com NaClO promoveram desgaste do tegumento e alterações na geometria das sementes. Conclui-se que a imersão das sementes em NaClO, na concentração de 5,0% de cloro ativo, por 9 horas, favorece a germinação e o vigor, sendo uma alternativa eficiente para a remoção do tegumento em sementes recém-colhidas.

Palavras-chave: dormência; escarificação; naclo; tegumento; vigor

## ABSTRACT

SOUZA, Antonio Maricélio Borges de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, January, 2025. **SODIUM HYPOCHLORITE ON THE PHYSIOLOGICAL QUALITY AND COAT INTEGRITY OF FRESHLY HARVESTED CITRUS ROOTSTOCK SEEDS.** Adviser: Eduardo Fontes Araujo. Co-adviser: Mateus Pereira Gonzatto.

Citrus rootstock seedlings are obtained from seeds, and some varieties exhibit slow and uneven germination due to the presence of a rigid seed coat. Manual removal of the seed coat accelerates germination and seedling emergence but is not viable for large volumes of seeds. In this context, the application of sodium hypochlorite (NaClO) appears to be a promising alternative to manual seed coat removal, aiming to optimize the germination process and, consequently, enhance the efficiency of citrus seedling production. The primary objective of this study was to evaluate the effect of sodium hypochlorite on the germination and vigor of freshly harvested seeds from two rootstock species widely used in Brazilian citrus farming. To this end, two experiments were conducted: one with the rootstock 'Rangpur' lime (*Citrus limonia* Osbeck) and the other with trifoliolate orange 'Flying Dragon' (*Poncirus trifoliata* var. *monstrosa*), both arranged in a completely randomized design. For both species, the effects of three NaClO concentrations (0.0% – distilled water; 2.5% and 5.0% active chlorine), three immersion times (3, 6, and 9 hours), and an additional control (seeds with intact seed coat and without immersion in water or NaClO solution) were evaluated. For 'Rangpur' lime, germination, first germination count, seedling emergence, speed index, and mean seedling emergence time were assessed. NaClO was found to be effective in degrading the seed coat. Germination increased when seeds were immersed in a 2.5% active chlorine solution for 6 hours. Immersing the seeds in NaClO did not affect the emergence percentage and allowed for faster seedling emergence with a shorter average time. However, immersion in a 5.0% solution for 9 hours negatively affected germination and vigor. It was concluded that immersing seeds in sodium hypochlorite is a viable alternative for seed coat degradation and the acceleration of germination and seedling emergence in 'Rangpur' lime, offering significant benefits to seedling production. For trifoliolate orange 'Flying Dragon', germination, radicle protrusion, and first germination count were evaluated. Seed area and maximum diameter were characterized using GroundEye equipment, and the seed coat surface was analyzed via scanning electron microscopy. NaClO demonstrated efficacy in promoting germination, root protrusion, and first germination count, with positive results correlated to increased concentration and immersion time.

Treatments with NaClO promoted seed coat degradation and changes in seed geometry. It was concluded that immersing seeds in a 5.0% NaClO solution for 9 hours enhances germination and vigor, providing an efficient alternative for seed coat removal in freshly harvested seeds.

Keywords: dormancy; scarification; naclo; seed coat; vigor

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Padrão de plântulas normais sem (A) e com (B) poliembrionia, plântulas anormais (C) e sementes mortas (D) adotado na avaliação do teste de germinação do porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’. .....24
- Figura 2.** Temperaturas (°C) e umidades relativas (%) durante o período de avaliação do teste de emergência de plântulas do porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’ em casa de vegetação. ....25
- Figura 3.** Aspecto visual das sementes e plântulas do porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’ após aplicação dos tratamentos. Testemunha (A), imersão na concentração de 0,0% de cloro ativo (B), 2,5% de cloro ativo (C) e 5,0% de cloro ativo (D), ambos a 9 horas de imersão. ....27
- Figura 4.** Germinação (A) e primeira contagem de germinação (B) de sementes do porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’, de acordo com as concentrações de hipoclorito de sódio e os tempos de imersão. ....28
- Figura 5.** Emergência (A), índice de velocidade (B) e tempo médio de emergência (C) de plântulas do porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’, de acordo com as concentrações de hipoclorito de sódio e os tempos de imersão. ....31
- Figura 6.** Distribuição de frequência de emergência de plântulas do porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’, de acordo com as concentrações de hipoclorito de sódio e os tempos de imersão. (A, B e C) imersão em água destilada, (D, E e F) imersão em hipoclorito de sódio a 2,5% e (G, H e I) imersão em hipoclorito de sódio a 5,0%, respectivamente por 3, 6 e 9 horas. ....35
- Figura 1.** Imagens capturadas pelo equipamento GroundEye® (à esquerda) e microscópio eletrônico de varredura (MEV) (à direita) das sementes do porta-enxerto trifoliato ‘Flying Dragon’, de acordo com as concentrações de hipoclorito de sódio (NaOCl) e o tempo de imersão de 9 h. (A) Semente intacta - testemunha; (B) tratamento com 0,0% de cloro ativo; (C) tratamento com 2,5% de cloro ativo; e (D) tratamento com 5,0% de cloro ativo. Barra de escala do MEV: 50 µm. ....53

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabela 1.</b> Germinação, primeira contagem de germinação e protusão radicular de sementes do porta-enxerto trifoliatoeiro ‘Flying Dragon’, de acordo com as concentrações de hipoclorito de sódio (NaOCl) e os tempos de imersão. .... | 50 |
| <b>Tabela 2.</b> Características biométricas de sementes do porta-enxerto trifoliatoeiro ‘Flying Dragon’, de acordo com as concentrações de hipoclorito de sódio e os tempos de imersão obtidas pelo Groundeye®. ....                      | 52 |

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| <b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....  | 13 |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....   | 15 |
| <b>CAPÍTULO I</b> .....  | 19 |
| <b>RESUMO</b> .....  | 19 |
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....  | 20 |
| <b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....  | 22 |
| <b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....  | 26 |
| <b>4 CONCLUSÕES</b> .....  | 36 |
| <b>AGRADECIMENTOS</b> .....  | 37 |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....   | 37 |
| <b>CAPÍTULO II</b> .....   | 42 |
| <b>RESUMO</b> .....  | 42 |
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....  | 43 |
| <b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....  | 45 |
| <b>2.1 Colheita dos frutos, extração e beneficiamento das sementes</b> ..... | 45 |
| <b>2.2 Teor de água</b> .....  | 46 |
| <b>2.3 Aplicação dos tratamentos</b> .....                                   | 46 |
| <b>2.4 Avaliação da qualidade fisiológica das sementes</b> .....             | 47 |
| <b>2.5 Avaliações anatômicas das sementes</b> .....                          | 47 |
| <b>2.6 Delineamento experimental e análise estatística</b> .....             | 48 |
| <b>3 RESULTADOS</b> .....  | 49 |
| <b>4 DISCUSSÃO</b> .....   | 54 |
| <b>5 CONCLUSÕES</b> .....  | 58 |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....   | 58 |

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A produção de citros é uma das maiores em escala mundial, sendo cultivados em quase 150 países (Costa et al., 2019). No Brasil, a produção está presente em todas as regiões, consolidando-se como uma cadeia produtiva de grande relevância no agronegócio. Essa atividade desempenha um papel crucial na economia nacional, contribuindo significativamente para a geração de empregos e renda, além de apresentar grande importância socioeconômica (Girardi et al., 2021; Mazochi; Okada, 2021).

A concentração primordial da produção no Brasil ocorre na região sudeste do país, notadamente no cinturão citrícola, compreendido pelos territórios de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro (Fundecitrus, 2024). O cultivo é caracterizado predominantemente pelas laranjeiras-doces, em especial a laranja ‘Pera Rio’, cujos frutos são destinados em sua maioria ao processamento de suco, além do mercado de frutas frescas (de mesa) (Girardi et al., 2021; Madruga et al., 2022). de acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), o país se destaca como um dos principais produtores de citros no cenário global, ocupando a liderança tanto na produção de laranjas quanto na exportação de suco, consolidando sua relevância no mercado internacional (USDA, 2024).

O porta-enxerto desempenha um papel fundamental na produção de mudas cítricas por enxertia, sendo um componente indispensável em todas as principais regiões produtoras ao redor do mundo (Viçosi et al., 2024). Este influencia características morfológicas, bioquímicas, fisiológicas e genéticas da variedade-copa nele enxertada, através da via de interação da copa com o porta-enxerto (Pompeu Junior; Blumer, 2008; Shafqat et al., 2019). Entre as diversas características afetadas pela combinação copa/porta-enxerto, destaca-se os efeitos sobre o porte da planta, produtividade e qualidade de frutos, bem como tolerância a fatores bióticos e abióticos (Stuchi et al., 2008).

A propagação dos porta-enxertos ocorre por meio de sementes, e atualmente este é o principal método de obtenção de novas plantas destinadas à aplicação do processo de enxertia (Carvalho et al., 2019), além de apresentar baixo custo (Bremer Neto et al., 2015). Salienta-se, que as sementes, bem como outros materiais propagativos (borbulhas), destinados à produção de mudas cítricas, devem ser provenientes de plantas matrizes registradas, conduzidas sob telado ou em campo aberto e devem apresentar características típicas da variedade e sanidade para viroses e outras doenças limitantes à cultura (Carvalho et al., 2005; Mello Silva, 2020).

Um dos maiores problemas enfrentados na citricultura durante o processo de formação de mudas é a germinação lenta e a baixa longevidade das sementes (Carvalho et al., 2002). Por

serem consideradas recalcitrantes, a preservação de sua qualidade fisiológica se torna um grande desafio, especialmente em condições de armazenamento com baixo teor de água. Para manter sua viabilidade e assegurar seu potencial de germinação, é essencial armazená-las em temperaturas mais baixas, utilizando embalagens impermeáveis que minimizem a perda de umidade (Dias et al., 2012; Carvalho et al., 2019).

Algumas variedades de porta-enxertos cítricos têm apresentado problemas de uniformidade de germinação, possivelmente devido às características do tegumento das sementes (Bremer Neto et al., 2015). As sementes dos gêneros *Citrus* e *Poncirus* possuem tegumento rígido composto por duas camadas; a camada interna, caracterizada por sua menor espessura, e a camada externa, que é mais espessa e de natureza lenhosa, cuja composição inclui lignina em proporções que variam conforme a espécie e o ambiente (Frost; Soost, 1968; Oliveira; Scivittaro; Radmann, 2006). Devido sua estrutura, o tegumento atua como uma barreira física, limitando a embebição de água e difusão de gases com o ambiente (Silva; Carvalho, 2007; Alves-Junior et al., 2020). Sua presença também impacta o direcionamento da radícula, podendo causar deformações nas raízes e, assim, prejudicar o desenvolvimento da muda cítrica (Silva; Carvalho, 2007).

A fim de promover uma germinação mais rápida e uniforme, diversos autores (Silva; Carvalho, 2007; Zucareli et al., 2009; Moreira; Ramos; Cruz, 2010; Rodrigues et al., 2010; Bremer Neto et al., 2015) sugerem a remoção do tegumento das sementes para algumas variedades de porta-enxertos cítricos. Esse procedimento contribui significativamente para redução no tempo para a formação de mudas. No entanto, essa técnica de remoção do tegumento é realizada manualmente, o que implica no manuseio individual das sementes, tornando o processo demorado e dispendioso. Além disso, requer mão de obra especializada para garantir a execução adequada, evitando danos aos embriões das sementes (Oliveira; Scivittaro, 2007; Silva; Carvalho, 2007).

Nesse contexto, a pesquisa e a implementação de novas técnicas de remoção do tegumento, que assegurem a integridade do embrião, tornam-se de grande relevância no setor cítrico (Wilson, 2022). O uso de substâncias químicas, como método de escarificação, podem causar ruptura no tegumento da semente, aumentando sua permeabilidade e permitindo rápida embebição (Gao et al., 2020). Como exemplo tem-se a solução de hipoclorito de sódio (NaOCl), que tem sido reportada como um agente capaz de estimular ou inibir a germinação em determinadas espécies (Hsiao; Hanes, 1981; Cigel et al., 2020).

O NaOCl é um potente oxidante e, dependendo da sua concentração e do tempo de imersão das sementes, pode promover melhorias sobre a germinação de sementes e emergência de plântulas em diversas culturas (Meireles et al., 2007; Rubim et al., 2010; Lima et al., 2012; Jesus et al., 2015; Jesus et al., 2016; Ramos et al., 2018; Lopes et al., 2019). Este composto possui grande potencial de uso devido à sua ampla disponibilidade no mercado, seu baixo custo e periculosidade, além de rápida ação sanitizante e eficácia contra determinados tipos de patógenos (Maia et al., 2024).

Dessa forma, objetivou-se com o presente estudo avaliar o efeito do hipoclorito de sódio na germinação, vigor e integridade do tegumento de sementes recém-colhidas de dois porta-enxertos amplamente utilizados na citricultura brasileira, o limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia* Osbeck) e o trifoliateiro ‘Flying Dragon’ (*Poncirus trifoliata* var. *monstrosa*).

## REFERÊNCIAS

- ALVES-JUNIOR, C.; SILVA, D. L.; VITORIANO, J. O.; BARBALHO, A. P.; SOUSA, R. C. The water path in plasma-treated leucaena seeds. **Seed Science Research**, v. 30, p. 13-20, 2020.
- BREMER NETO, H.; SILVA, S. R.; MOURÃO FILHO, F. A. A.; SPOSITO, M. B.; CAPUTO, M. M. **Manual de boas práticas para produção de mudas cítricas**. Araraquara, Vivecitrus, 2015. 69p.
- CARVALHO, J. A. VON PINHO, E. V. R.; OLIVEIRA, J. A.; GUIMARÃES, R. M.; BONOME, L. T. Qualidade de sementes de limão-cravo (*Citrus limonia* Osbeck) durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 1, p. 286-298, 2002.
- CARVALHO, S. A.; GRAF, C. C. D.; VIOLANTE, A. R. Produção de material básico e propagação. In: MATTOS JUNIOR, D. M.; NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. **Citros**. Campinas: Instituto Agrônomo, Fundag, 2005. p.279-316.
- CARVALHO, S. A.; GIRARDI, E. A.; MOURÃO FILHO, F. A. A.; FERRAREZI, R. S.; COLETTA FILHO, H. D. Advances in citrus propagation in Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, e-422, 2019.
- CIGEL, C.; COELHO, C. M. M.; UARROTA, V. G.; KANDLER, R.; SILVA, E. R. Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas à solução de hipoclorito de sódio. **Acta Biológica Catarinense**, v. 7, n. 2, p. 120-127, 2020.
- COSTA, J. H.; BAZIOLI, J. M.; MORAES P. J. G.; FILL, T. P. *Penicillium digitatum* infection mechanisms in citrus: What do we know so far? **Fungal Biology**, v. 123, n. 8, p. 584-593, 2019.

DIAS, M. A.; ZUCOLOTO, M.; DIAS, D. C. F. S.; SILVA, D. F. P.; SEDIYAMA, C. A. Z.; SOUZA NETO, J. D. Resposta fisiológica de sementes de variedades porta-enxertos de citros submetidas à condicionamento osmótico. **Comunicata Scientiae**, v. 3, n. 4, p. 238-243, 2012.

FUNDECITRUS. Fundo de Defesa da Citricultura. **Inventário de árvores e estimativa da safra de laranja do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro.**

Araraquara-SP, 2024. Disponível em:

<[https://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes\\_relatorios/0224\\_Reestimativa\\_da\\_Safra\\_de\\_Laranja.pdf](https://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes_relatorios/0224_Reestimativa_da_Safra_de_Laranja.pdf)>. Acesso: 15 de fev. 2024.

FROST, H. B.; SOOST, R. K. Seed reproduction: development of gametes and embryos. In: REUTHER, W.; BATCHELOR, L. D.; WEBBER, H. J. (Ed.). **The Citrus Industry**, v. 2, p. 290-324, 1968.

GAO, Y.; ZHU., M.; MA, Q.; LI, S. Dormancy breakage in *Cercis chinensis* seeds. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 100, n. 6, p. 666-673, 2020.

GIRARDI, E. A.; POMPEU JUNIOR, J.; TEOFILSO SOBRINHO, J.; SOARES FILHO, W. S.; PASSOS, O. S.; CRISTOFANI-YALY, M.; SEMPIONATO, O. R.; STUCHI, E. S.; DONADIO, L. C.; BASSANEZI, R. B.; GARCIA, L. A. P.; AYRES, A. J.; MATTOS JUNIOR, D. **Guia de Reconhecimento dos Citros em Campo: Um guia prático para o reconhecimento em campo de variedades de laranjeira-doce e outras espécies de citros cultivadas no Estado de São Paulo e Triângulo Mineiro.** 1ª edição. Araraquara: Fundecitrus, 2021. 158p.

HSIAO, A. I.; HANES, A. Application of the sodium hypochlorite seed viability test to wild oat populations with different dormancy characteristics. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 61, n. 1, p. 115-122, 1981.

JESUS, V. A. M.; ARAUJO, E. F.; SANTOS, F. L.; ALVES, E.; DIAS, L. A. S. Sodium hypochlorite for sarcotesta remotion from papaya seeds: anatomical studies. **Journal of Seed Science**, v. 37, n. 4, p. 228-235, 2015.

JESUS, V. A. M.; ARAUJO, E. F.; NEVES, A. A.; DIAS, L. A. S.; SILVA, R. F. Ratio of seeds and sodium hypochlorite solution on the germination process of papaya seeds. **Journal of Seed Science**, v. 38, n. 1, p. 057-061, 2016

LIMA, J. S.; ARAUJO, E. F.; ARAUJO, R. F.; DIAS, L. A. S.; DIAS, D. C. F. S.; RENA, F. C. Uso da reidratação e do hipoclorito de sódio para acelerar a emergência de plântulas de cafeeiro. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 2 p. 327-333, 2012.

LOPES, C. A.; CARVALHO, M. L. M.; GUIMARÃES, R. M.; OLIVEIRA, A. M. S.; ANDRADE, D. B. Sodium hypochlorite in the priming of tobacco seeds. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 1, p. 108-111, 2019.

MAIA, W. M. P.; ARAUJO, E. F.; SILVA, A. V.; SILVA, C. M. Superação da dormência tegumentar em sementes de *Crotalaria spectabilis* e *Crotalaria paulinea*. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 18, n. 1, e04411, 2024.

MADRUGA, F.; ALMEIDA, A. S.; ROSSETTI, C.; SARAIVA, C. R. C.; FIGUEIREDO, J. C.; PAGEL, G. O.; KLUG, E.; BOEIRA, K. C. Overcoming dormancy in citrus rootstock seeds. **Colloquium Agrariae**, v. 18, n. 3, p. 34-38, 2022.

MAZOCHI, G. G. L.; OKADA, R. H. Complexo agroindustrial de produção e fabricação do suco concentrado de laranja. **Interface Tecnológica**, v. 18, n. 1, p. 437-449, 2021.

MEIRELES, R. C.; ARAUJO, E. F.; REIS, M. S.; SEDIYAMA, C. S.; SAKIYAMA, N. S.; REIS, L. S. Secafê: metodologia para acelerar a germinação das sementes de café. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 3, p. 90-96, 2007.

MELLO SILVA, P. A. K. X. Temperatura ideal de germinação para sementes de citrumeleiro 'Swingle'. **ScientiaTec: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFRS**, v. 7 n. 3, p. 59-68, 2020.

MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; CRUZ, M. C. M. Caracterização de frutos e poliembrionia em sementes de 'Flying Dragon' e de híbridos de porta-enxerto de citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 486-492, 2010.

OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B.; RADMANN, E. B. Chemical scarification of the seed to favor the emergence and growth of the Trifoliata rootstock. **Brazilian Agricultural Research**, v. 41, n. 9, p. 1429-1433, 2006.

OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B. Tegumento e profundidade de semente na emergência de plântulas e no desenvolvimento do porta-enxerto Trifoliata. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p. 229-235, 2007.

POMPEU JUNIOR, J.; BLUMER S. Laranjeiras e seus porta-enxertos nos viveiros de mudas cítricas do Estado de São Paulo em 2004-2007. **Laranja**, v. 29, n. 1-2, p. 35-50, 2008.

RAMOS, A. R.; SILVA, G. H.; FERREIRA, G.; ZANOTTO, M. D. Efeito da temperatura na germinação de sementes de diferentes genótipos de *Carthamus tinctorius*. **Acta Iguazu**, v. 7, n. 1, p. 22-31, 2018.

RODRIGUES, F. A.; FREITAS, G. F.; MOREIRA, R. A.; PASQUAL, M. Caracterização dos frutos e germinação de sementes dos porta-enxertos trifoliata 'Flying Dragon' e *Citrumelo Swingle*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1180-1188, 2010.

RUBIM, R. F.; VIEIRA, H. D.; ARAUJO, E. F.; VIANA, A. P.; COELHO, F. C. Tratamento com hipoclorito de sódio para remoção do pergaminho e aceleração da germinação de sementes de café conilon. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p. 88-98, 2010.

SHAFQAT, W.; JASKANI, M. J.; MAQBOOL, R.; KHAN, A. S.; ALI, Z. Evaluation of citrus rootstocks against drought, heat and their combined stress based on growth and photosynthetic pigments. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 22, n. 5, p. 1001-1009, 2019.

SILVA, L. F. C.; CARVALHO, S. A. Germinação da semente de porta-enxertos de citros em função da presença do tegumento e sua orientação no substrato. **Laranja**, v. 28, n. 1-2, p. 47-59, 2007.

STUCHI, E. S.; ESPINOZA-NUNEZ, E.; MOURAO FILHO, F. A. A.; ORTEGA, E. M. M. Vegetative growth, yield and fruit quality of four mandarin and hybrid cultivars on four rootstocks. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 3, p. 741-747, 2008.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Citrus**: world markets and trade. Global Market Analysis - julho de 2024. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/citrus.pdf>. Acesso em: 20 de out. 2024.

VIÇOSI, K. A.; GARCIA, G. O.; ZUCOLOTO, M.; BERILLI, S. S. Biossólido na composição do substrato para produção de mudas de porta-enxertos cítricos. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 17, e12554, 2024.

WILSON, V. Effect of sodium hypochlorite on seed germination and early seedling growth of sweet orange (*Citrus sinensis* (L). Osbeck) and lime (*Citrus aurantifolia* Swingle). **Asian Journal of Plant and Soil Sciences**, v. 7, n. 1, p. 84-92, 2022.

ZUCARELI, V.; BONJOVANI, M. R.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J. Tolerância à dessecação e influência do tegumento na germinação de sementes de citrumelo 'Swingle' (*Citrus paradisi* MACF X *Poncirus trifoliata* (L) RAF.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, p. 291-295, 2009.

## CAPÍTULO I

### EFEITO DO HIPOCLORITO DE SÓDIO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES E EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DO PORTA-ENXERTO LIMOEIRO ‘CRAVO’<sup>1</sup>

#### RESUMO

As mudas dos citros são produzidas por enxertia, sendo os porta-enxertos propagados por sementes. O tegumento das sementes de porta-enxertos de citros pode exercer influência desfavorável na germinação. A aplicação de hipoclorito de sódio (NaClO) é uma alternativa à remoção manual do tegumento, o que pode estimular o processo germinativo das sementes e emergência das plântulas. Objetivou-se avaliar a eficácia do NaClO como um agente de escarificação em sementes recém-colhidas do porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia* Osbeck), para melhorar a germinação de sementes e a emergência de plântulas. Os fatores ensaiados foram: três concentrações de NaClO (0,0 – água destilada; 2,5 e 5,0% de cloro ativo), três tempos de imersão (3, 6 e 9 horas) e a testemunha (sementes com tegumento e sem imersão em água ou solução de NaClO), com quatro repetições. Foram avaliados: germinação, primeira contagem de germinação, emergência de plântulas, índice de velocidade e tempo médio de emergência de plântulas. O NaClO foi eficiente na degradação do tegumento das sementes. Houve incremento na germinação quando as sementes foram imersas na concentração de 2,5% por 6 horas. A imersão das sementes em NaClO não afetou a porcentagem de emergência, mas possibilitou maior velocidade e menor tempo médio de emergência de plântulas. A concentração de 5,0%, por 9 horas, afetou negativamente a germinação e o vigor. Conclui-se que a imersão das sementes em hipoclorito de sódio é uma alternativa para a degradação do tegumento e aceleração da germinação/emergência das sementes/plântulas de limoeiro ‘Cravo’, o que pode trazer grandes benefícios na produção das mudas.

**Palavras-chave:** *Citrus limonia* Osbeck, NaClO, escarificação, tegumento, vigor.

---

<sup>1</sup>Este capítulo corresponde ao artigo aceito para publicação na revista Acta Scientiarum. Agronomy

## 1 INTRODUÇÃO

A citricultura é uma atividade agrícola de grande expressão mundial, ocupando posição de destaque no Brasil entre as frutíferas com elevado volume e valor de produção para o mercado interno de frutas frescas e para exportação de suco concentrado, sendo o país considerado o segundo maior produtor mundial de citros e o maior produtor global de laranja e de suco de laranja (Girardi et al., 2021; USDA, 2023). De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAOSTAT), os pomares de laranja doce cobriram 589.610 hectares no Brasil em 2019, com uma produtividade média de 28,95 t/ha (Faostat, 2021). A produção nacional, de acordo com o Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus), está centralizada principalmente na região sudeste, com destaque para o cinturão cítrico de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro, na qual a estimativa publicada da safra 2023/24 foi de 307,22 milhões de caixas de laranja de 40,8 kg (Fundecitrus, 2023).

Na produção comercial de porta-enxertos, a propagação por sementes tem sido a principal forma de obtenção de novas plantas para realização do método de enxertia (Carvalho, Von Pinho, Oliveira, Guimarães, & Bonome, 2002; Albrecht, Bodaghi, Meyering, & Bowman, 2020), no qual o tempo médio para o desenvolvimento dos porta-enxertos pode variar de seis a oito meses na maioria dos estados brasileiros (Sarmiento, Giuliani, & Souza, 2016). Esse período é resultante principalmente à demora no processo de germinação das sementes, que acontece de forma lenta e irregular, em decorrência da presença do tegumento nas sementes. O tegumento apresenta características como estrutura e consistência compactas, exercendo função de barreira física que limita a embebição de água e difusão de gases. Além disso, pode apresentar inibidores do desenvolvimento embrionário que influenciam a uniformidade da germinação nessas variedades de porta-enxertos cítricos (Baskin & Baskin, 2014; Alves-Junior, Silva, Vitoriano, Barbalho, & Sousa, 2020).

Quando submetidas a tratamentos que facilitem a ruptura ou remoção do tegumento das sementes, a germinação de algumas variedades de citros tende a ocorrer de maneira mais uniforme, reduzindo o tempo para a formação do porta-enxerto (Silva & Carvalho, 2007; Zucareli, Bonjovani, Cavariani, & Nakagawa, 2009; Moreira, Ramos, & Cruz, 2010). No entanto, o principal método utilizado para a remoção do tegumento das sementes de citros é a remoção manual, sendo esta considerada bastante demorada e onerosa, já que o manuseio das sementes é realizado de forma individual, requerendo mão de obra treinada para a sua execução, visando evitar danos aos embriões (Oliveira & Scivittaro, 2007; Silva & Carvalho, 2007).

No intuito de aprimorar o processo de germinação de sementes e a produção de mudas cítricas, torna-se imperativo o desenvolvimento de novos métodos e/ou técnicas que sejam eficientes e economicamente viáveis (Wilson, 2022). Neste contexto, a aplicação do hipoclorito de sódio (NaClO) no condicionamento ou tratamento das sementes se destaca como uma alternativa viável para solucionar os desafios associados a esse processo, especialmente para viveiristas que operam em larga escala. O NaClO, além de apresentar eficácia, destaca-se pela sua acessibilidade e custo reduzido, o que o torna uma escolha atrativa para a comunidade de viveiristas (Maia, Araujo, Silva, & Silva, 2024). Sua aplicação estratégica pode contribuir significativamente para otimizar a germinação de sementes e a produção de mudas cítricas, representando assim um avanço importante na eficiência e economia do setor agrícola relacionado à citricultura.

O NaClO é bastante utilizado como forma de assepsia de sementes ou outras unidades de dispersão (Brasil, 2009). Em virtude da concentração e do tempo de imersão das sementes, o NaClO pode atuar como um promotor da germinação e da quebra de dormência, pois vem apresentando resultados promissores na melhoria da germinação para algumas culturas, como café arábica (Sofiatti et al., 2008; 2009), café conilon (Rubim, Vieira, Araujo, Viana, & Coleho, 2010), mamão (Jesus, Araujo, Santos, Alves, & Dias, 2015; Jesus et al., 2016a), cártamo (Ramos, Silva, Ferreira, & Zanotto, 2018), tabaco (Lopes et al., 2019) e arroz (Cigel, Coelho, Uarrota, Kandler, & Silva, 2020). Como um potente oxidante, o NaClO em altas concentrações facilita a escarificação do tegumento das sementes, aumentando sua porosidade. Essa maior porosidade favorece a difusão de gases e a absorção de água, processos essenciais para o desenvolvimento do embrião e a subsequente germinação (Bewley & Black, 1982). Além disso, devido à sua capacidade de degradar a lignina na estrutura protetora das sementes (um processo análogo ao seu uso na indústria de celulose para remoção de lignina), o NaClO melhora significativamente a eficiência da germinação.

O NaClO é amplamente utilizado para a desinfecção de sementes de citros, conforme evidenciado por estudos como os de Moreira et al. (2010), Faddetta et al. (2021) e Ragagnin et al. (2022). Na literatura é possível verificar a pesquisa realizada por Wilson (2022), que avaliou o efeito do NaClO na germinação de sementes e no crescimento inicial de plântulas de laranja doce e limeira-ácida em condições de casa de vegetação.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente estudo avaliar a eficácia do NaClO como um agente de escarificação para sementes recém-colhidas do porta-enxerto limoeiro

‘Cravo’ (*Citrus limonia* Osbeck), para melhorar a germinação de sementes e a emergência de plântulas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Pesquisa de Sementes e em casa de vegetação no Vale da Agronomia, pertencentes ao Departamento de Agronomia (DAA) da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais. As sementes avaliadas foram do porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia* Osbeck), oriundas de plantas matrizes existentes em uma propriedade rural em São José do Triunfo (20°44'40,1" S e 42°50'00,0" W e 674 metros de altitude), em Viçosa, Minas Gerais. O hipoclorito de sódio (NaClO) foi obtido no centro mercantil de Viçosa, em Minas Gerais. A determinação da concentração de cloro ativo foi realizada pelo método da iodometria, no Laboratório de Celulose e Papel do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais. A solução apresentou concentração de 5%.

Os frutos de limoeiro ‘Cravo’ foram colhidos manualmente em agosto de 2023, caracterizados como frutos de final de safra, quando maduros, evidenciado pela coloração amarelo alaranjado do epicarpo (Morelli, Azevedo, Conceição, & Souza, 2019) e transportados em caixas de plástico (36,5 x 55 x 31 cm) ao Laboratório Multiusuário do DAA para posterior extração e beneficiamento das sementes.

Para a extração manual das sementes, realizou-se um corte superficial do pericarpo na região equatorial do fruto, tendo o cuidado para não atingir as sementes, separando as metades por meio de movimento giratório com as mãos, espremendo-as sobre peneira para posterior lavagem em água corrente, de acordo com as recomendações de Oliveira et al. (2016).

Após a lavagem, as sementes foram colocadas em bandeja com água para retirada do restante da polpa e sementes malformadas. As sementes que sobrenadaram foram consideradas inviáveis, sendo descartadas (Wilson, 2022). As sementes consideradas viáveis foram friccionadas manualmente em cal hidratado (CaO) para remoção da mucilagem, conforme o método descrito por Carvalho, Graf e Violante (2005), por um período de 60 segundos, com subsequente lavagem em água corrente para retirada de todo o resíduo de cal. Em seguida, as sementes foram postas para secar à sombra, distribuídas sobre duas folhas de papel germitest em bancada, sendo utilizada uma camada de sementes com espessura de 1,5 cm. As sementes foram mantidas em ambiente de laboratório durante uma hora para a remoção da umidade superficial.

Após a secagem superficial, foram retiradas quatro subamostras com 50 sementes cada para determinação do teor de água inicial, seguindo as recomendações das Regras para Análises de Sementes (Brasil, 2009), e os resultados foram expressos em porcentagem.

As sementes foram acondicionadas em caixas de plástico tipo gerbox transparentes e com tampa, contendo solução de hipoclorito de sódio (NaClO) em três concentrações de cloro ativo (0,0 – água destilada; 2,5 e 5,0%) durante três tempos de imersão (3, 6 e 9 h). Também foi empregado um tratamento adicional (sementes intactas com tegumento e sem imersão em água ou solução de NaClO - testemunha). Adotou-se a proporção de 220 mL de solução para cada amostra de 200 sementes. A concentração de cloro ativo de 2,5% foi obtida por meio de diluição do hipoclorito de sódio comercial em água destilada, sendo preparada próximo ao momento de sua utilização.

Para que as sementes permanecessem imersas na solução, foi utilizado o telado próprio das caixas gerbox, as quais foram tampadas e levadas para câmara tipo B.O.D. (*Biological Oxygen Demand*) com temperatura constante de 25 °C na ausência de luz, onde permaneceram pelos tempos de imersão referentes a cada tratamento. Após cada tempo, as sementes foram lavadas em água corrente por 60 segundos para eliminar o resíduo de hipoclorito de sódio, com posterior pré-secagem à sombra durante 30 minutos. As sementes que foram imersas em água destilada (0,0% de cloro ativo) também foram lavadas.

*Germinação:* foi realizado em substrato rolo de papel com quatro subamostras de 50 sementes, dispostas em três folhas de papel germitest, umedecidas com água destilada em quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso seco do papel. Durante a montagem do teste, as sementes foram tratadas com o fungicida Captan<sup>®</sup>, na dose do produto comercial de 4 mL L<sup>-1</sup> de água. Para tal, após a disposição das sementes sobre as folhas de papel, procedeu-se a aplicação do fungicida em estado líquido utilizando pulverizador borrifador manual, até as sementes apresentarem-se com aspecto úmido. Os rolos foram acondicionados dentro de sacos plásticos e mantidos em câmara B.O.D, regulada a uma temperatura constante de 30 °C, sob fotoperíodo de 8 horas com lâmpada fluorescente compacta (luz branca). A avaliação foi realizada 30 dias após a semeadura, contando-se o número de plântulas normais (Ávila et al., 2019). Os resultados foram expressos em porcentagem.

*Primeira contagem de germinação:* foi realizada juntamente com o teste de germinação com avaliação aos 21 dias após a semeadura, sendo calculada a porcentagem de plântulas normais (Ávila et al., 2019). Os resultados foram expressos em porcentagem.

Foram consideradas plântulas normais aquelas que apresentaram raiz com comprimento mínimo de 2 cm, hipocótilo bem desenvolvido e folíolos visíveis ou bem formados, sem danos (Figura 1A). As plântulas oriundas de uma semente poliembrionica foram avaliadas e consideradas como uma única unidade (Figura 1B). As plântulas anormais foram classificadas como aquelas que não se enquadram na descrição das plântulas consideradas normais, mas das quais se emergiu uma raiz ou apresentasse deformação no hipocótilo (Figura 1C). Sementes mortas foram aquelas sem sinal de início de germinação, bem como sementes moles e/ou atacadas por microrganismos (Figura 1D).

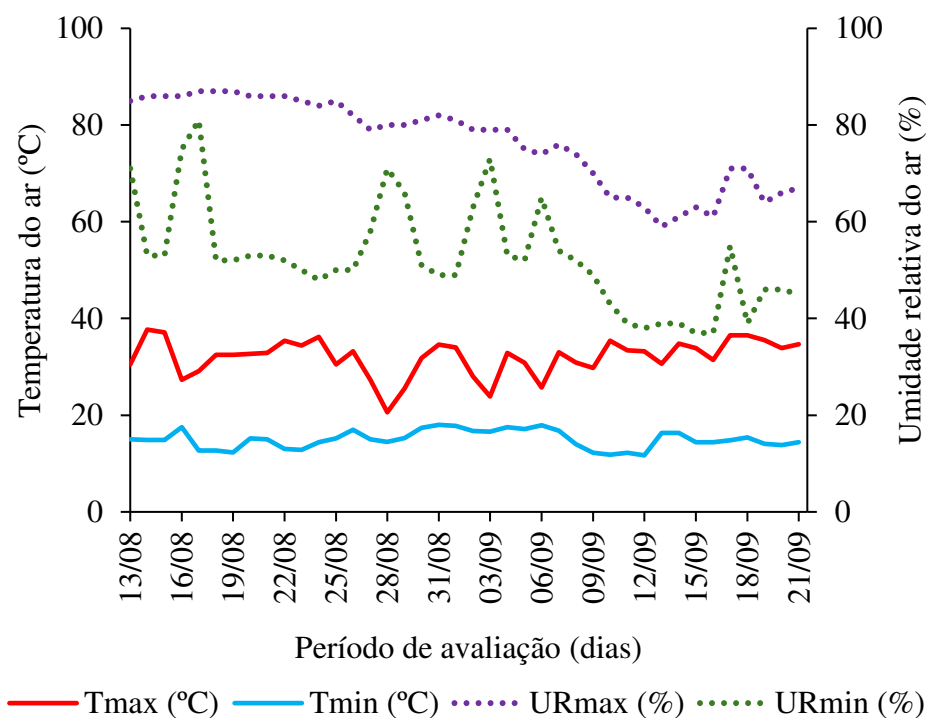


**Figura 1.** Padrão de plântulas normais sem (A) e com (B) poliembrionia, plântulas anormais (C) e sementes mortas (D) adotado na avaliação do teste de germinação do porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’.

*Emergência em casa de vegetação:* para o teste de emergência foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes por tratamento. As sementes foram colocadas, individualmente, com a micrópila para baixo, em bandejas de plástico com 128 células (altura de 5 cm), vazadas na

parte basal, preenchidas com substrato comercial (MecPlant<sup>®</sup>) à base de casca de pinus compostada, em sulcos com 1 cm de profundidade (Struiving et al., 2013). As bandejas foram dispostas em bancadas de madeira a 70 centímetros do solo em casa de vegetação na Unidade Experimental do Vale da Agronomia do DAA. O substrato foi umedecido sempre que necessário e a avaliação das plântulas foi realizada até a estabilização da emergência, que ocorreu 40 dias após a sementeira. Foram consideradas emergidas as plântulas que apresentaram a plúmula ao menos 2 cm acima do substrato, sendo os resultados expressos em porcentagem.

Durante todo o período de avaliação, as temperaturas e umidades relativas do ar foram registradas com auxílio de termo-higrômetro digital (Figura 2), sendo as observações realizadas sempre no mesmo horário.



Tmax: temperatura máxima; Tmin: temperatura mínima; URmax: umidade relativa máxima; e URmin: umidade relativa mínima.

**Figura 2.** Temperaturas (°C) e umidades relativas (%) durante o período de avaliação do teste de emergência de plântulas do porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’ em casa de vegetação.

*Índice de velocidade de emergência (IVE):* foi realizado em conjunto com o teste de emergência e determinado de acordo com a metodologia descrita por Magüire (1962). A partir do início da emergência das plântulas, foram realizadas contagens diárias do número de

plântulas emergidas, descontando as plântulas emergidas no dia anterior, e mantida até a completa estabilização do estande.

*Tempo médio de emergência (TME; dias):* foram utilizados os mesmos dados das contagens para o cálculo do IVE, estimando-se o número médio de dias necessários para a emergência completa das plântulas, conforme relatado por Labouriau (1983), sendo o resultado expresso em dias. Para cada repetição, foi realizada a contagem diária do número de plântulas emergidas até a completa estabilização do estande, sendo o início da avaliação realizada no dia posterior à instalação do teste.

O delineamento experimental utilizado para os testes em laboratório foi o inteiramente casualizado. Os tratamentos foram arranjos em esquema fatorial  $3 \times 3 + 1$ , com quatro repetições e 50 sementes por parcela. Os fatores ensaiados foram: três concentrações de NaClO (0,0 – água destilada; 2,5 e 5,0% de cloro ativo), três tempos de imersão (3, 6, e 9 h) e a testemunha (sementes com tegumento e sem imersão em água destilada ou solução de NaClO). Para o teste de emergência em casa de vegetação, foi utilizado o mesmo delineamento, com quatro repetições e 25 sementes por parcela.

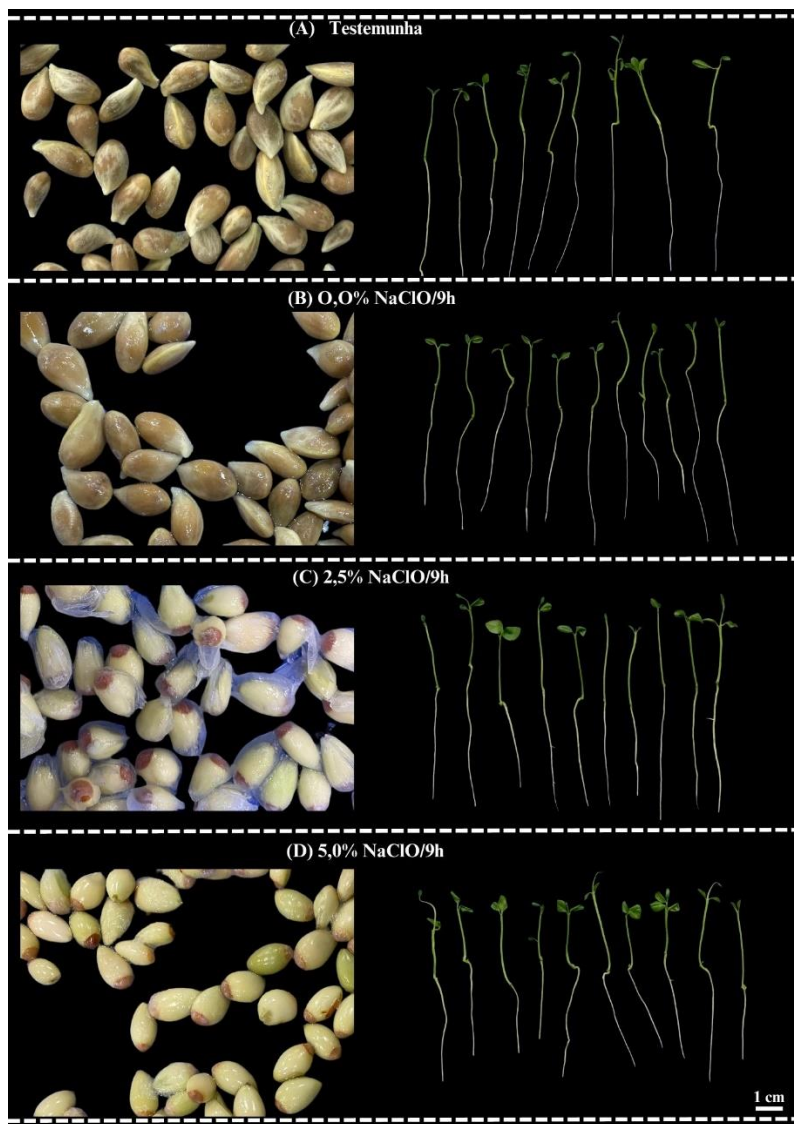
Foi realizada a análise de variância ( $p < 0,05$ ). No caso de interação significativa, foi realizado o desdobramento dos fatores. Posteriormente, as médias foram comparadas entre si por meio do teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Comparam-se todos os tratamentos com a testemunha (sementes intactas com tegumento e sem imersão em água ou solução de NaClO) pela aplicação do teste de Dunnett a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas empregando-se o programa computacional R versão 4.3.2. Posteriormente, para o comportamento diário da emergência das plântulas, foram elaborados gráficos de distribuição da emergência ao longo do tempo, sendo ajustadas curvas de regressão não-linear para todos os tratamentos com auxílio do do programa computacional Sigmaplot 14.5. O modelo ajustado foi o sigmoidal  $y = \frac{\alpha}{(1 + e^{-\beta(x-x_0)})}$ , em que:  $y$  é a germinação acumulada no tempo  $x$ ;  $\alpha$  representa a máxima germinação acumulada do modelo (valor assintótico);  $x_0$  é tempo necessário para a germinação atingir metade valor máximo assintótico;  $\beta$  é a taxa de crescimento da germinação acumulada para atingir o valor máximo assintótico (Sousa et al., 2014).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de água das sementes do porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’ recém-colhidas foi de 41,2%, determinado logo após a sua extração e beneficiamento. Esse teor de água está próximo

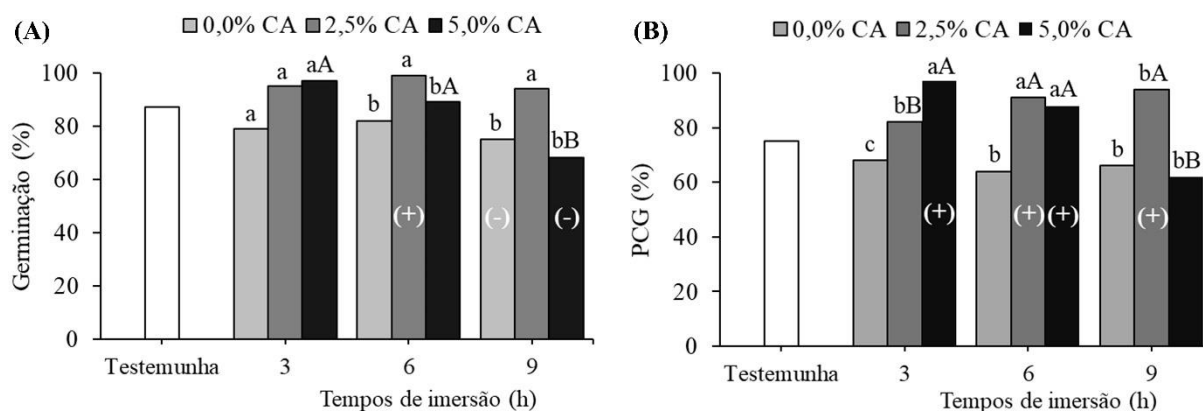
ao observado por outros autores, os quais consideram as sementes do limoeiro ‘Cravo’ como sendo recalcitrantes (Carvalho et al., 2002; Dantas, Guimarães, Von Pinho, & Carvalho, 2010).

As observações visuais indicaram que as sementes do tratamento controle (Figura 3A) apresentaram aparência semelhante às sementes imersas em água destilada por 9 horas (Figura 3B), expondo que este tratamento (0,0%/9h) não foi eficiente para que houvesse a degradação do tegumento das sementes. Por outro lado, as sementes imersas em solução de 2,5% de cloro ativo, por 9 horas, mostraram degradação eficiente do tegumento, que se tornou gelatinoso e translúcido (Figura 3C). As sementes imersas em solução de 5,0% de cloro ativo, por 9 horas, exibiram degradação completa do tegumento (Figura 3D).



**Figura 3.** Aspecto visual das sementes e plântulas do porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’ após aplicação dos tratamentos. Testemunha (A), imersão na concentração de 0,0% de cloro ativo (B), 2,5% de cloro ativo (C) e 5,0% de cloro ativo (D), ambos a 9 horas de imersão.

Para a porcentagem de germinação (Figura 4A), no período de imersão de 3 horas, não foi observada diferença significativa entre as concentrações. No tempo de imersão de 6 horas, houve germinação máxima de 99% na concentração de 2,5%, a qual diferiu estatisticamente das demais concentrações. Para o tempo de imersão de 9 horas, a concentração de 2,5% foi a que proporcionou maior porcentagem de germinação (94%), à qual diferiu das demais concentrações.



As mesmas letras minúsculas entre os tempos e as mesmas letras maiúsculas entre as concentrações, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (-) e (+) Diferença significativa inferior e superior em relação à testemunha (sementes intactas com tegumento e sem imersão em água ou solução de NaClO) pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

**Figura 4.** Germinação (A) e primeira contagem de germinação (B) de sementes do porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’, de acordo com as concentrações de hipoclorito de sódio e os tempos de imersão.

Analisando as concentrações de cloro ativo dentro dos tempos de imersão das sementes (Figura 4A), é possível observar que não houve efeito significativo quando as sementes foram imersas na concentração de 0,0% e 2,5% de cloro ativo, independentemente do tempo de imersão. A concentração de 5,0% de cloro ativo, por 9 horas, proporcionou porcentagem de germinação inferior aos demais tempos. Para sementes de café arábica da variedade Catuai Vermelho IAC 44, a pré-embrição das sementes em hipoclorito de sódio na concentração de 6%, durante 3 horas, degrada eficientemente o pergaminho, favorecendo a germinação (Sofiatti et al., 2008). Do mesmo modo, a imersão de sementes de mamão da variedade Golden, pertencente ao grupo “Solo”, na proporção de 10 sementes por 200 mL de solução de hipoclorito

de sódio, na concentração de 2% de cloro ativo, por 24 horas, também favorece o processo germinativo (Jesus et al., 2016a).

Na Figura 4A, observa-se que o tratamento 2,5%/6h superou significativamente a testemunha, que obteve porcentagem de germinação de 87%. Os valores obtidos quando as sementes foram imersas nas concentrações de 0,0 e 5,0% de cloro ativo, por 9 horas, diferiram da testemunha, sendo esses inferiores, demonstrando serem os piores tratamentos. Nota-se que as sementes imersas em água destilada por 3 e 6 horas, 2,5% de cloro ativo por 3 e 9 horas e, 5,0% de cloro ativo por 3 e 6 horas, não diferiram dos valores obtidos pela testemunha, logo, não prejudicaram a porcentagem final de germinação. Já foi verificado que a remoção manual do tegumento das sementes do porta-enxerto limoeiro 'Cravo' não altera a taxa final de germinação, mas proporciona maior velocidade de germinação (Silva & Carvalho, 2007), sendo o mesmo fato constatado no presente estudo com a degradação do tegumento por efeito do NaClO. Semelhantemente, Lopes, Carvalho, Guimarães, Oliveira, & Andrade (2019) verificaram que o hipoclorito de sódio, quando usado como agente condicionante, não afeta a qualidade fisiológica das sementes de tabaco da cultivar comercial CSC 439 do grupo varietal Virgínia. Contrariamente a estes resultados, em sementes de arroz da cultivar SCS 122 Miura, foi demonstrado que a imersão em hipoclorito de sódio, na concentração de 0,5%, por um período de 24 horas, prejudica a qualidade fisiológica e o vigor das sementes (Cigel et al., 2020).

Na primeira contagem de germinação, aos 21 dias, houve interação significativa entre as concentrações de NaClO e os tempos de imersão (Figura 4B). Ao avaliar o efeito do tempo de imersão das sementes nas diferentes soluções, observa-se que, para o tratamento com 3 horas, houve incremento na porcentagem de plântulas normais, conforme o aumento da concentração de cloro ativo na solução, sendo o maior valor (97%) obtido no tratamento 3h/5,0%. Para o período de 6 horas, o maior valor (91%) foi alcançado na concentração de 2,5% de cloro ativo, que diferiu apenas quando as sementes foram imersas na concentração de 0,0% de cloro ativo. Já para o tempo de 9 horas, é possível notar que a concentração de 2,5% de cloro ativo foi a que alcançou percentual de 94% de plântulas normais, diferindo dos valores das outras concentrações.

Na Figura 4B, é possível observar que não houve efeito significativo quando as sementes foram imersas em água destilada, independentemente do tempo de imersão. Para a concentração de 2,5% de cloro ativo, nota-se aumento na porcentagem de germinação à medida que se aumenta o tempo de imersão das sementes, sendo a maior porcentagem (94%) obtida no tempo de 9 horas, que diferiu apenas do valor obtido no tempo de imersão de 3 horas. Com relação à

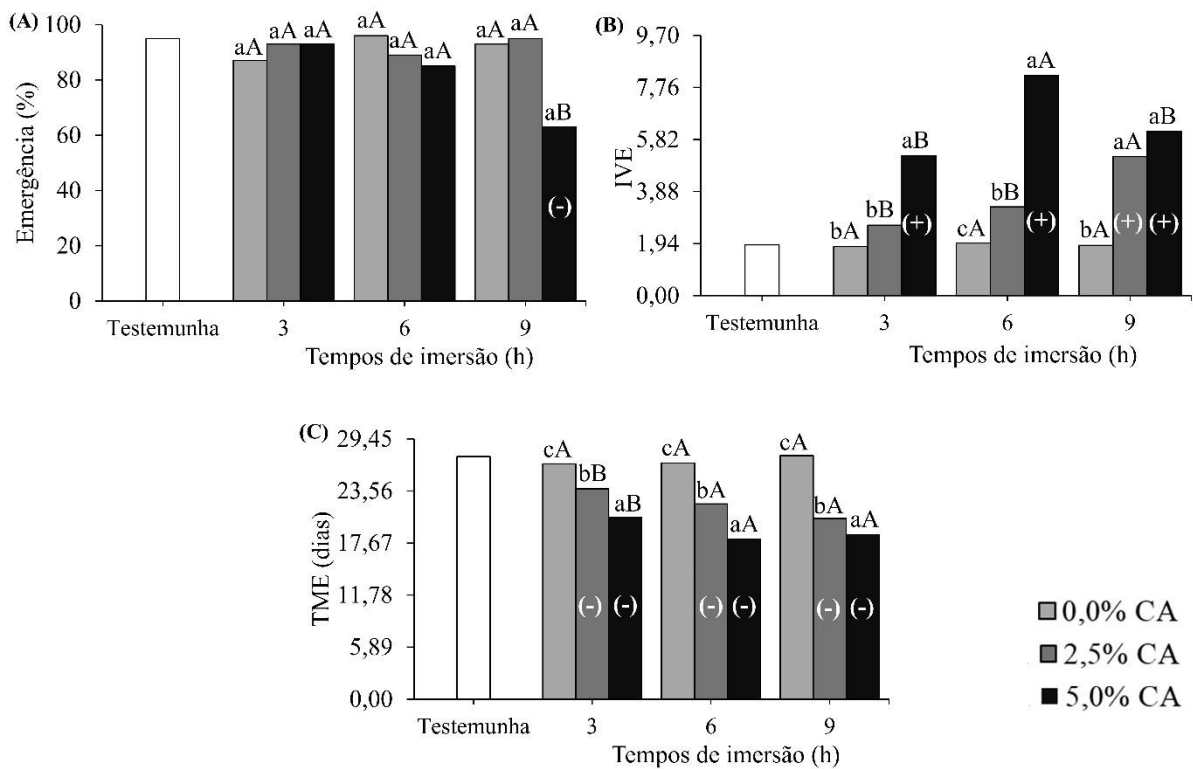
concentração de 5,0% de cloro ativo, houve redução da germinação com o aumento do tempo de imersão, em que a menor porcentagem (62%) ocorreu no tempo de 9 horas, que diferiu dos valores dos demais períodos de imersão. Desse modo, é possível constatar que essa combinação (5,0%/9h) é prejudicial à germinação das sementes do porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’, já aos 21 dias após condução do teste de germinação.

No presente estudo, sugere-se que a combinação 5,0%/9h tenha proporcionado efeito tóxico às sementes, pois visualmente este tratamento degradou totalmente o tegumento (Figura 3D); essa degradação pode ter danificado o eixo embrionário ou os tecidos de reserva da semente (cotilédones). Salienta-se que essa mesma combinação também apresentou maior porcentagem de sementes mortas e plântulas anormais, 14% e 18%, respectivamente (dados não apresentados), provavelmente devido à maior absorção de cloro ativo da solução pelas sementes, provocando prejuízo a germinação. Além disso, no presente estudo verificou-se que a porcentagem de plântulas normais tendeu à redução com o aumento do tempo de imersão das sementes na concentração de 5,0% de cloro ativo, sendo mais evidente no tempo de 9 horas. Desse modo, infere-se que o tempo de imersão das sementes, acima de 6 horas, também prejudica a germinação e o vigor pela primeira contagem de germinação (Figura 4).

Resultado similar foi observado por Jesus et al. (2015) para germinação de sementes de mamoeiro da variedade Golden, pertencente ao grupo “Solo”, que tende a diminuir com o aumento da concentração de cloro ativo; verificou-se ainda por meio de microscopia eletrônica de varredura que a imersão das sementes em solução de hipoclorito de sódio promoveu danos à sua estrutura. Para esta mesma variedade (Golden), Jesus, Araujo, Santos, Dias, & Silva (2016b) também verificaram que o uso de hipoclorito de sódio na concentração de 6% de cloro ativo, por 12 horas de embebição, na proporção de 380 sementes por 127 mL de solução, foi eficaz na remoção da sarcotesta, porém prejudicou negativamente à germinação. Em sementes de duas espécies de crotalária (*Crotalaria paulinea* e *Crotalaria spectabilis*), foi constatado que a imersão destas na concentração de 8% de cloro ativo, por períodos de seis e oito horas, resultou na maior porcentagem de sementes mortas, especialmente no caso de *Crotalaria paulinea* (Maia et al., 2024). Os efeitos observados podem estar relacionados à aceleração do processo de oxidação que ocorre com o aumento da concentração e proporção de cloro ativo na solução.

Com relação à porcentagem de emergência de plântulas do porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’ (Figura 5A), nota-se que não houve efeito significativo para os tempos de imersão testados, quando associados às concentrações de 0,0 e 2,5% de cloro ativo. Já para o tempo de

9 horas, associado a concentração de 5,0% de cloro ativo, houve prejuízo na emergência, que apresentou a menor porcentagem dentre os tratamentos (63%). Esse resultado seguiu a mesma tendência dos resultados obtidos para a germinação e primeira contagem de germinação (Figuras 4A,B), em que esta combinação também apresentou os menores valores, corroborando que tanto a concentração de cloro ativo, como também o tempo de imersão, possuem influência sobre o processo germinativo das sementes para este porta-enxerto. Vale ressaltar que o tratamento 5,0%/9h foi o único que visualmente promoveu a completa degradação do tegumento da semente (Figura 3D); dessa forma, o possível contato direto do NaClO com os cotilédones e possivelmente ao eixo embrionário, pode ter provocado efeito tóxico às sementes.



As mesmas letras minúsculas entre os tempos e as mesmas letras maiúsculas entre as concentrações, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (-) e (+) Diferença significativa inferior e superior em relação à testemunha (sementes intactas com tegumento e sem imersão em água ou solução de NaClO) pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

**Figura 5.** Emergência (A), índice de velocidade (B) e tempo médio de emergência (C) de plântulas do porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’, de acordo com as concentrações de hipoclorito de sódio e os tempos de imersão.

O tratamento 5,0%9h foi o único que apresentou diferença significativa em relação a porcentagem de emergência obtida pela testemunha (Figura 5A). Os demais tratamentos, portanto, não comprometeram a emergência de plântulas do porta-enxerto limoeiro 'Cravo'. Desse modo, constata-se que a imersão das sementes, nessas concentrações e tempos, pode promover o desgaste do tegumento, sem comprometer a integridade dos tecidos preponderantes à germinação e formação de plântulas normais do porta-enxerto limoeiro 'Cravo'. Resultado promissor foi obtido por Wilson (2022) com sementes de laranjeira doce com uso de solução de hipoclorito de sódio; foi constatada que a imersão das sementes, na concentração de 10% de cloro ativo, por 20 minutos, favorece a emergência de plântulas, proporcionando maior porcentagem quando comparada ao tratamento controle (sementes não embebidas). Vale salientar que a porcentagem de emergência é fundamental para estimar a capacidade de germinação do lote de sementes em condições de campo, servindo de referência para os demais testes utilizados na avaliação do vigor (Padilha, Coelho, Andrade, & Ehrhardt-Brocardo, 2022).

Com relação ao índice de velocidade de emergência (IVE) (Figura 5B), houve incremento quando comparados os tempos de imersão dentro das concentrações de NaClO. Para todos os tempos de imersão, verifica-se que os maiores índices foram alcançados pela concentração de 5,0%, sendo o maior valor de IVE (8,21) alcançado no tempo de 6 horas, que diferiu das demais concentrações e tempos de imersão. É provável que a degradação do tegumento, ocasionado pelo contato com a solução de NaClO, fez com que as sementes absorvessem água mais rapidamente, permitindo rápida passagem pelas fases iniciais da germinação, promovendo assim a rápida emergência das plântulas quando comparada com aquelas sementes que foram imersas apenas em água destilada.

Para as diferentes concentrações dentro dos tempos de imersão (Figura 5B), nota-se que não houve efeito significativo quando as sementes foram imersas na concentração de 0,0% de cloro ativo. Para a concentração de 2,5% de cloro ativo, o maior índice (5,18) foi alcançado com o tempo de 9 horas que diferiu dos valores obtidos nos demais períodos. Já para a concentração de 5,0% de cloro ativo, o maior índice (8,21) foi alcançado no tempo de 6 horas. Esses resultados possibilitam inferir que o uso do NaClO, nas sementes do porta-enxerto limoeiro 'Cravo', nas condições do presente estudo, reduz o período entre o semeio no viveiro e a emergência das plântulas em relação àquelas sementes que foram imersas apenas em água destilada. Assim, menores valores de IVE indicam maior tempo para produzir as mudas, pois os porta-enxertos demoram mais para alcançar o período ideal de enxertia (borbulhia). Assim, compreende-se que períodos de germinação e emergência longos podem tornar as sementes e

plântulas mais vulneráveis aos diferentes fatores ambientais, tornando-se desvantajoso, principalmente quando se refere à produção de mudas uniformes e vigorosas. Portanto, a obtenção de um estande uniforme pode facilitar o manejo e os tratos culturais que serão adotados pelo viveirista (Krzyzanowski, França-Neto, & Henning, 2018).

Quando as sementes foram imersas na concentração de 2,5% de cloro ativo, por 9 horas, e 5,0% de cloro ativo, independentemente do tempo de imersão, apresentaram valores de IVE superior ao obtido pela testemunha, cujo índice foi de 1,89 (Figura 5B), demonstrando que a utilização do NaClO nessas condições foi satisfatória para acelerar a emergência de plântulas do porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’. Wilson (2022) evidenciou um resultado promissor quanto à velocidade de emergência de plântulas de duas espécies cítricas mediante a utilização de solução de hipoclorito de sódio, na concentração de 10% de cloro ativo, por um período de 20 minutos. Da mesma forma, o condicionamento com hipoclorito de sódio também possibilitou maior velocidade de emergência de plântulas de tabaco da cultivar comercial CSC 439 do grupo varietal Virgínia; no entanto a concentração e o tempo de imersão foram inferiores ao do presente estudo, sendo utilizados a concentração de 1% e os tempos de imersão de 180, 30 e 15 minutos (Lopes et al., 2019), corroborando o exposto por estes autores, que a concentração e o tempo de imersão das sementes, na solução de NaClO, são dependentes da espécie.

Houve redução no tempo médio de emergência das plântulas do porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’ com a utilização do NaClO nas concentrações e tempos de imersão estudados (Figura 5C). Independentemente do tempo de imersão das sementes, nota-se redução do TME conforme o aumento da concentração de NaClO na solução, confirmando o fato de que o uso do NaClO reduz o período entre o semeio no viveiro e a emergência das plântulas, conforme observado pelo IVE (Figura 5B). Os menores valores de tempo médio necessário para emergência foram obtidos pela concentração de 5,0% cloro ativo associada aos tempos de 6 e 9 horas que não diferiram entre si. Os maiores valores de tempo médio foram obtidos para as sementes imersas na concentração de 0,0% de cloro ativo, ocorrendo assim um atraso na emergência das plântulas em comparação aos tratamentos em que as sementes foram imersas em solução de NaClO.

O maior atraso na emergência das plântulas oriundas de sementes semeadas com o tegumento (testemunha) e daquelas imersas na concentração de 0,0% de cloro ativo, independentemente do tempo de imersão, observado pelo IVE e TME (Figuras 5B,C), pode estar diretamente relacionado ao impedimento físico provocado pelo tegumento ao crescimento do embrião, uma vez que essa estrutura apresenta um certo nível de rigidez (Oliveira, Scivittaro, & Radmann, 2006; Oliveira & Scivittaro, 2007; Sarmiento et al., 2016). Esse resultado

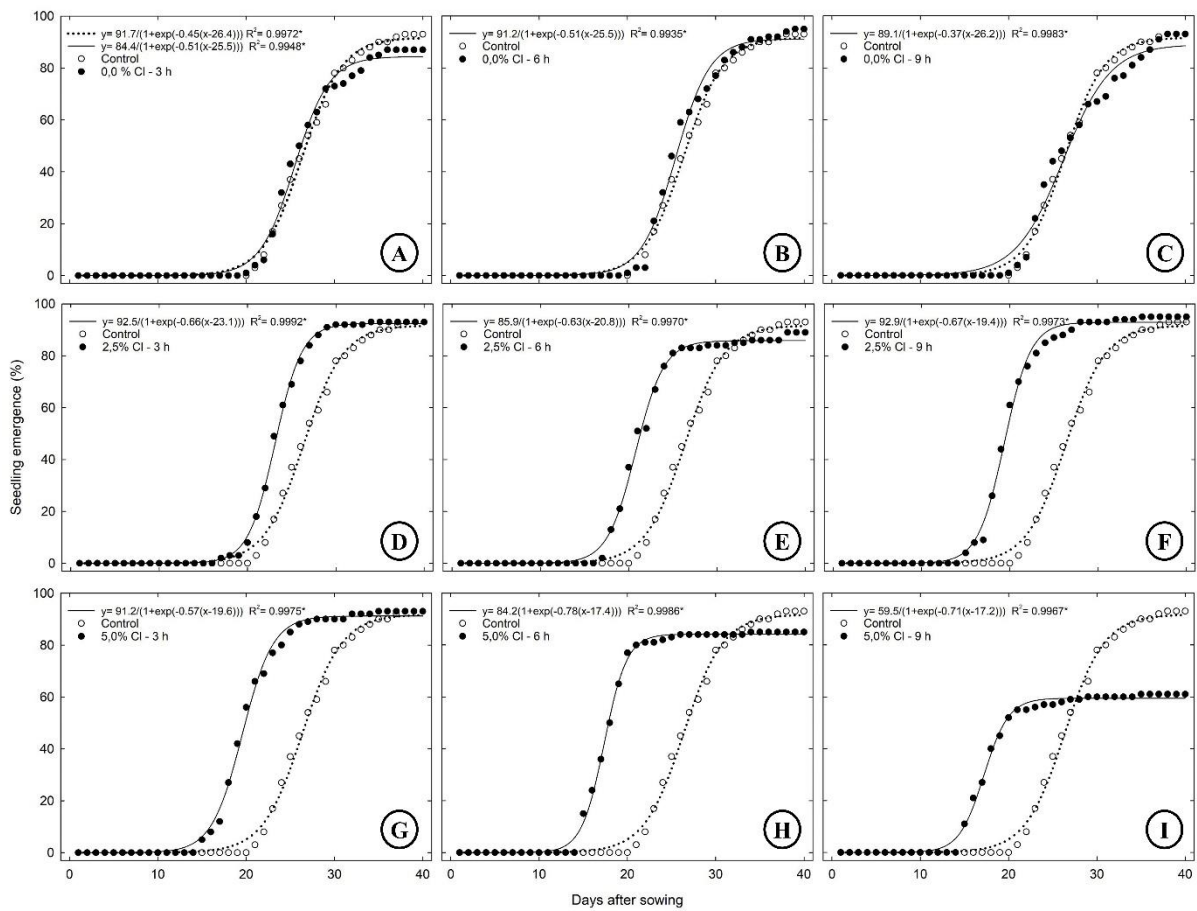
corroborar com Silva e Carvalho (2007) que afirmam que a retirada do tegumento promove maior velocidade na germinação do porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’. Para os porta-enxertos citrumeleiro ‘Swingle’ e trifoliato ‘Flying Dragon’, a remoção do tegumento também acelera o tempo médio de germinação das sementes e proporciona maior percentual de germinação (Moreira et al., 2010). Dessa forma, percebe-se que o tegumento das sementes de citros, em geral, pode dificultar a germinação das sementes e a emergência das plântulas.

Para as sementes oriundas do tratamento testemunha, o tempo médio necessário para emergência das plântulas foi de 27 dias, valor este superior e que difere dos valores obtidos pelos tratamentos com imersão em NaClO (Figura 5C). Nota-se que as sementes imersas na concentração de 5,0% por 6 e 9 horas, apresentaram ganho de aproximadamente 9 dias em relação à testemunha. Para as sementes imersas na concentração de 2,5%, o ganho em tempo foi menor, porém significativo em relação à testemunha. Já para os valores das sementes imersas na concentração de 0,0% de cloro ativo, não houve diferença em relação ao obtido pela testemunha. Wilson (2022) também constatou redução no período entre o semeio e a emergência de plântulas de laranjeira doce e limeira-ácida, ao utilizar a concentração de 10% NaClO em diferentes tempos de imersão; sendo que a imersão por 10 minutos proporcionou emergência já aos 10 e 20 dias após a semeadura, respectivamente.

Rodrigues, Silva Ledo, Girardi, Almeida, e Soares Filho (2015) mencionam que o número de dias necessários para a emergência de plântulas do porta-enxerto limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ é de 33 dias, estando próximo ao período observado na testemunha e nos tratamentos com imersão na concentração de 0,0% de cloro ativo e superior ao tempo médio apresentado pelos tratamentos com imersão em solução de NaClO (Figura 5C). Esse resultado sugere que, ao serem submetidos a tratamentos que facilitem a ruptura do tegumento das sementes, estas manifestam germinação e emergência mais rápida e uniforme, sendo vantajoso para redução do tempo de formação do porta-enxerto estudado. Dessa maneira, a possibilidade de redução do tempo para a enxertia favorece a produção e o fornecimento de mudas, que são demandadas a cada ano pelo setor citrícola, seja para o incremento de novas áreas ou para a renovação do pomar (Barbosa et al., 2023).

Com base na distribuição diária da frequência de emergência (Figura 6), foi observado que quando as sementes foram imersas na concentração de 0,0% de cloro ativo, independentemente do tempo de imersão, a emergência das plântulas comportou-se de forma similar quando comparada à emergência do tratamento testemunha (Figuras 6A, B e C). Quando a imersão das sementes foi feita em solução de NaClO, na concentração de 2,5% de cloro ativo,

a emergência das plântulas ocorreu de maneira mais rápida e uniforme quando comparada à testemunha (Figuras 6D, E e F). Para essa concentração (2,5% de cloro ativo), o aumento do tempo de imersão das sementes também foi favorável para que ocorresse uma estabilização mais rápida na emergência. Já para a concentração de 5,0% de cloro ativo, nota-se que a emergência se iniciou de forma ainda mais acelerada em comparação à testemunha e aos demais tratamentos (Figuras 6G, H e I). Percebe-se que, para o tratamento 5,0%/9h, que a emergência se estabilizou mais rapidamente em contraste com os demais tratamentos devido ao elevado número de sementes mortas (Figura 6I).



\* Significativo a 1% de probabilidade. Em que: Cl = cloro ativo.

**Figura 6.** Distribuição de frequência de emergência de plântulas do porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’, de acordo com as concentrações de hipoclorito de sódio e os tempos de imersão. (A, B e C) imersão em água destilada, (D, E e F) imersão em hipoclorito de sódio a 2,5% e (G, H e I) imersão em hipoclorito de sódio a 5,0%, respectivamente por 3, 6 e 9 horas.

No geral, para os tratamentos em que as sementes foram imersas em H<sub>2</sub>O destilada (Figuras 6A, B e C), o atraso na emergência e estabilização das plântulas resulta em formação desuniforme das plântulas e posterior desenvolvimento das mudas. Por sua vez, para as sementes imersas em solução de NaClO nas concentrações de 2,5% e 5,0%, houve emergência mais uniforme, o que pode favorecer no desenvolvimento inicial de plântulas mais vigorosas. Salienta-se que a emergência lenta e desuniforme se torna um obstáculo quando se refere à produção de mudas de porta-enxertos, pois pode atrapalhar o viveirista no momento da enxertia, por haver mudas ainda não aptas, retardando a fase de formação dos porta-enxertos, conforme relatado por Sousa, Ramos, Pasqual, e Ferreira (2002). Dessa maneira, a sincronia na emergência das plântulas pode ter efeito direto na etapa de obtenção de mudas e, conseqüentemente, redução do tempo para a enxertia desta espécie com a cultivar-copa desejada.

É notável, portanto, que a aplicação de hipoclorito de sódio em sementes proporciona vantagens expressivas no cenário agrícola. Além de acelerar o processo germinativo, resulta em uma redução do tempo necessário para o estabelecimento das plântulas, minimizando a exposição a condições adversas. O hipoclorito de sódio, caracterizado por sua acessibilidade no mercado, custo reduzido e facilidade de manipulação (Maia et al., 2023), emerge como uma alternativa viável. Sobretudo, o método de imersão das sementes do porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’ em solução de hipoclorito de sódio demonstra benefícios econômicos, contribuindo para a otimização de recursos e a redução de despesas associadas à mão de obra, irrigação e manejo, fortalecendo, assim, a eficiência e sustentabilidade dos processos agrícolas.

#### **4 CONCLUSÕES**

A imersão das sementes recém-colhidas em hipoclorito de sódio é eficiente na degradação do tegumento nas concentrações de 2,5% e 5,0% de cloro ativo. Há incremento na germinação quando as sementes são imersas na concentração de 2,5% de cloro ativo, por 6 horas. A imersão das sementes em solução de hipoclorito de sódio possibilita maior velocidade e menor tempo médio de emergência de plântulas quando se utilizam as concentrações de 2,5% de cloro ativo por 6 e 9 horas e, 5,0% de cloro ativo por 3 e 6 horas. A germinação e o vigor são afetados negativamente quando as sementes são imersas na concentração de 5,0% de cloro ativo, por 9 horas. A imersão das sementes recém-colhidas em solução de hipoclorito de sódio é uma alternativa para a retirada do tegumento e aceleração da germinação/emergência das

sementes/plântulas, o que pode trazer grandes benefícios na produção das mudas em viveiro do porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Os autores também agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq - Brasil), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Laboratório de Celulose e Papel do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, em Minas Gerais.

## REFERÊNCIAS

- Albrecht, U., Bodaghi, S., Meyering, B. & Bowman, K. D. (2020). Influence of rootstock propagation method on traits of grafted sweet orange trees. *HortScience*, 55(5), 729-737. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14928-20>
- Alves-Junior, C., Silva, D. L., Vitoriano, J. O., Barbalho, A. P., & Sousa, R. C. (2020). The water path in plasma-treated leucaena seeds. *Seed Science Research*, 30, 13-20. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0960258520000045>
- Ávila, M. R., Barbosa, J., Fonseca Júnior, N. S., Nagashima, G. T., Oliveira, C. M. G., & Garcia, E. B. (2019). Dynamics of the rangpur lime seed germination test conducted under different temperatures. *Journal of Seed Science*, 41(3), 344-351. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v41n3219001>
- Barbosa, V. R., Bizari, D. R., Azevedo, F. A., Yaly, M. C., Rodrigues, J., & Gonçalves, A. O. (2023). Crescimento inicial de citrandarins para produção de mudas cítricas. *Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente*, 13, e13235. DOI: <https://doi.org/10.4322/2359-6643.13235>
- Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2014). *Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. (2nd ed.). San Diego, Academic/Elsevier.
- Bewley, J. D., & Black, M. (1982). *Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination: viability, dormancy and environmental control*. Berlin: Springer – Verlag.
- Brasil. (2009). *Regras para análise de sementes*. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

- Carvalho, J. A., Von Pinho, E. V. R., Oliveira, J. A., Guimarães, R. M., & Bonome, L. T. (2002). Qualidade de sementes de limão-cravo (*Citrus limonia* Osbeck) durante o armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*, 24(1), 286-298. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222002000100040>
- Carvalho, S. A., Graf, C. C. D., & Violante, A. R. (2005). Produção de material básico e propagação. In Mattos Junior, D., De Negri, J. D., Pio, R. M., & Pompeu Junior, J. (Ed.). *Citros* (279-316). Campinas: Instituto Agronômico: Fundag.
- Cigel, C., Coelho, C. M. M., Uarrota, V. G., Kandler, R., & Silva, E. R. (2020). Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas à solução de hipoclorito de sódio. *Acta Biológica Catarinense*, 7(2), 120-127. DOI: <https://doi.org/10.21726/abc.v7i2.152>
- Dantas, Í. B., Guimarães, R. M., Von Pinho, É. V. L., & Carvalho, M. L. M. (2010). Osmotic priming methodologies in relation to the physiological performance of rangpur lime seeds (*Citrus limonia* Osbeck). *Revista Brasileira de Sementes*, 32(3), 141-151. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000300016>
- Faddetta, T., Abbate, L., Alibrandi, P., Arancio, W., Siino, D., Strati, F., ... Mercati, F. (2021). The endophytic microbiota of *Citrus limon* is transmitted from seed to shoot highlighting differences of bacterial and fungal community structures. *Scientific Reports*, 11(7078), 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86399-5>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [Faostat]. 2024. *Citrus Fruit Statistical Compendium 2020*. Rome, 2021. Retrieved on Sep. 18, 2024. from:<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/4760a5b5-f3b2-41c7-8713-ccdb1a5f8c08/content>
- Fundo de Defesa da Citricultura [Fundecitrus]. 2024. *Inventário de árvores e estimativa da safra de laranja do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro*. Araraquara-SP, 2023. Retrieved on Jan. 17, 2024, from [https://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes\\_relatorios/1223\\_Reestimativa\\_da\\_Safra\\_de\\_Laranja.pdf](https://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes_relatorios/1223_Reestimativa_da_Safra_de_Laranja.pdf).
- Girardi, E. A., Pompeu Junior, J.; Teofilo Sobrinho, J., Soares Filho, W. S., Passos, O. S., Cristofani-Yaly, M., ... Mattos Junior, D. (2021). *Guia de Reconhecimento dos Citros em Campo: Um guia prático para o reconhecimento em campo de variedades de laranja-doce e outras espécies de citros cultivadas no Estado de São Paulo e Triângulo Mineiro*. (1st ed.). (158p) Araraquara: Fundecitrus.

- Jesus, V. A. M., Araujo, E. F., Santos, F. L., Alves, E., & Dias, L. A. S. (2015). Sodium hypochlorite for sarcotesta remotion from papaya seeds: anatomical studies. *Journal of Seed Science*, 37(4), 228-235. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v37n4153890>
- Jesus, V. A. M., Araujo, E. F., Neves, A. A., Santos, F. L., Dias, L. A. S., & Silva, R. F. (2016a). Ratio of seeds and sodium hypochlorite solution on the germination process of papaya seeds. *Journal of Seed Science*, 38(1), 57-61. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v38n1151150>
- Jesus, V. A. M., Araujo, E. F., Santos, F. L., Dias, L. A. S., & Silva, R. F. (2016b). Sodium hypochlorite for removal of the sarcotesta from newly extracted and stored papaya seeds. *Journal of Seed Science*, 38(4), 358-364. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v38n4159502>
- Krzyzanowski, F. C., França-Neto, J. B., & Henning, A. A. (2018). *A alta qualidade da semente de soja: Fator importante para a produção da cultura*. Londrina: Embrapa.
- Labouriau, L. G. (1983). *A germinação das sementes*. Washington: Secretaria da OEA.
- Lopes, C. A., Carvalho, M. L. M., Guimarães, R. M., Oliveira, A. M. S., & Andrade, D. B. (2019). Sodium hypochlorite in the priming of tobacco seeds. *Journal of Seed Science*, 41(1), 108-111. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v41n1211719>
- Magüire, J. D. (1962). Seeds of germination and selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2(2), 176-177. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>
- Maia, W. M. P., Araujo, E. F., Silva, A. V., & Silva, C. M. (2024). Superação da dormência tegumentar em sementes de *Crotalaria spectabilis* e *Crotalaria paulinea*. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 18(1), e04411. DOI: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n1-035>
- Morelli, M., Azevedo, F. A., Conceição, P. M., & Souza, A. J. B. (2019) Maturation and physiological quality of IAC-863 Rangpur lime seeds. *Comunicata Scientiae*, 10(4), 454-460. DOI: <https://doi.org/10.14295/cs.v10i4.3161>
- Moreira, R. A., Ramos, J. D., & Cruz, M. C. M. (2010) Caracterização de frutos e poliembrião em sementes de ‘Flying Dragon’ e de híbridos de porta-enxerto de citros. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32(2), 486-492. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000056>
- Oliveira, R. P., Scivittaro, W. B., & Radmann, E. B. (2006). Chemical scarification of the seed to favor the emergence and growth of the Trifoliata rootstock. *Brazilian Agricultural Research*, 41(9), 1429-1433. DOI: <https://doi.org/10.1590/50100-204X2006000900012>

- Oliveira, R. P., & Scivittaro, W. B. (2007). Formação do porta-enxerto Trifoliata: época de semeadura e tegumento na emergência de plântulas. *Ciência Rural*, 37(1), 281-283. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000100047>
- Oliveira, R. P., Ueno, B., Scivittaro, W. B., Carvalho, F. L. C., Petry, H. B., & Moreno, M. B. (2016). *Produção de sementes de porta-enxertos de citros*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado.
- Padilha, M. S., Coelho, C. M. M., Andrade, G. C., & Ehrhardt-Brocardo, N. C. M. (2022). Seed vigor in reserve mobilization and wheat seedling formation. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 17(3), e1477. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v17i3a1477>
- Ragagnin, A. L. S. L., Rodrigues, C. D. M., Costa, G. S., Silva, G. Z., Machado, C. G., Cruz, S. C. S., & Silva, D. F. P. (2022). Morphology of seeds and seedlings, and substrates in germination of *Citrus limetta*. *Ciência Rural*, 52(8), e20210377. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210377>
- Ramos, A. R., Silva, G. H., Ferreira, G., & Zanotto, M. D. (2018). Efeito da temperatura na germinação de sementes de diferentes genótipos de *Carthamus tinctorius*. *Acta Iguazu*, 7(1), 22-31. DOI: <https://doi.org/10.48075/actaiguaz.v7i1.16415>
- Rodrigues, M. J. S., Silva Ledo, C. A., Girardi, E. A., Almeida, L. A. H., & Soares Filho, W. S. (2015). Caracterização de frutos e propagação de porta-enxertos híbridos de citros em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 37(2), 457-470. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-2945-068/14>
- Rubim, R. F., Vieira, H. D., Araujo, E. F., Viana, A. P., & Coelho, F. C. (2010). Tratamento com hipoclorito de sódio para remoção do pergaminho e aceleração da germinação de sementes de café conilon. *Revista Brasileira de Sementes*, 32(4), 88-98. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000400010>
- Sarmiento, A. I. P., Giuliani, J. C., & Souza, P. V. D. (2016). Morfologia de frutos e sementes de porta-enxertos de citros cultivados em ambiente protegido. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 19, 17-24. DOI: <https://doi.org/10.31910/rudca.v19.n1.2016.106>
- Silva, L. F. C., & Carvalho, S. A. (2007). Germinação da semente de porta-enxertos de citros em função da presença do tegumento e sua orientação no substrato. *Laranja*, 28(1-2), 47-59.
- Sofiatti, V., Araujo, E. F., Araujo, R. F., Reis, M. S., Silva, L. V. B. D., & Cargnin, A. (2008). Uso do hipoclorito de sódio para degradação do endocarpo de sementes de cafeeiro com diferentes graus de umidade. *Revista Brasileira de Sementes*, 30(1), 150-160. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222008000100019>

- Sofiatti, V., Araujo, E. F., Araujo, R. F., Cargnin, A., Reis, M. S., & Silva, L. V. B. D. (2009). Uso de hipoclorito de sódio para acelerar a emergência das plântulas e o desenvolvimento das mudas de cafeeiro. *Bragantia*, 68(1), 233-240. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052009000100025>
- Sousa, H. U., Ramos, J. D., Pasqual, M., & Ferreira, E. A. (2002). Efeito do ácido giberélico sobre a germinação de sementes de porta-enxertos cítricos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 24(2), 496-499. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452002000200043>
- Sousa, I. F., Kunzle Neto, J. E., Muniz, J. A., Guimarães, R. M., Savian, T. V., & Muniz, F. R. (2014). Fitting nonlinear autoregressive models to describe coffee seed germination. *Ciência Rural*, 44 (11), 2016-2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20131341>
- Struiving, T. B., Machado, D. L. M., Santos, D., Siqueira, D. L., Lucena, C. C., & Matarazzo, P. H. M. (2013). Qualidade fisiológica de sementes de citros durante o armazenamento em ambiente refrigerado. *Ciência Rural*, 43(10), 1777-1782. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013001000008>
- United States Department of Agriculture [USDA]. 2023. *Citrus: World Markets and Trade*. Global Market Analysis - Julho de 2023. Retrieved on Oct. 17, 2023, from <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/citrus.pdf>.
- Wilson, V. (2022). Effect of sodium hypochlorite on seed germination and early seedling growth of sweet orange (*Citrus sinensis* (L). Osbeck) and lime (*Citrus aurantifolia* Swingle). *Asian Journal of Plant and Soil Sciences*, 7(1), 84-92. DOI: <https://journalplantsoil.com/index.php/AJOPSS/article/view/80>
- Zucareli, V., Bonjovani, M. R., Cavariani, C., & Nakagawa, J. (2009). Tolerância à dessecação e influência do tegumento na germinação de sementes de citrumelo ‘Swingle’ (*Citrus paradisi* MACF X *Poncirus trifoliata* (L) RAF.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31(1), 291-295. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452009000100042>

## CAPÍTULO II

### HIPOCLORITO DE SÓDIO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA E ANATOMIA DO TEGUMENTO DE SEMENTES DO PORTA-ENXERTO CÍTRICO TRIFOLIATEIRO ‘FLYING DRAGON’ (*Poncirus trifoliata* var. *monstrosa*)

#### RESUMO

As mudas de porta-enxertos de citros são obtidas de sementes, cujo tegumento dificulta sua germinação e a emergência das plântulas. Assim, torna-se indispensável o desenvolvimento de métodos eficientes de remoção do tegumento para acelerar, aumentar e uniformizar a germinação/emergência. A aplicação de hipoclorito de sódio (NaClO) surge como uma alternativa viável à remoção manual do tegumento. Objetivou-se avaliar o efeito do hipoclorito de sódio na germinação e vigor de sementes recém-colhidas do trifoliatoeiro ‘Flying Dragon’, e analisar alterações anatômicas no tegumento. Avaliaram-se os efeitos de três concentrações de NaClO (0,0 – água destilada; 2,5 e 5,0% de cloro ativo), três tempos de imersão (3, 6 e 9 horas) e a testemunha adicional (sementes com tegumento e sem imersão em água ou solução de NaClO), na germinação, na primeira contagem de germinação, na protusão radicular. Caracterizou-se, ainda, a área e o diâmetro máximo das sementes pelo equipamento GroundEye e a superfície do tegumento por microscopia eletrônica de varredura. O uso do NaClO demonstrou eficácia na promoção da germinação, protusão radicular e primeira contagem de germinação, com resultados positivos associados ao aumento da concentração e do tempo de imersão das sementes. Os tratamentos com NaClO promoveram desgaste do tegumento e alterações na geometria das sementes. Conclui-se que a imersão das sementes em NaClO, na concentração de 5,0% de cloro ativo, por 9 horas, favorece a germinação e o vigor, sendo uma alternativa eficiente para a remoção do tegumento em sementes recém-colhidas.

**Palavras-chave:** Dormência. Escarificação. Microscopia eletrônica de varredura. NaClO. Vigor.

## 1 INTRODUÇÃO

Os citros estão entre as espécies frutíferas mais cultivadas no mundo em escala comercial, principalmente em regiões de climas subtropicais e tropicais (Buffon et al., 2021). O setor citrícola brasileiro se destaca internacionalmente por ser o maior produtor e exportador de suco concentrado de laranja doce [*Citrus × sinensis* (L.) Osbeck] (Stuchi et al., 2020; United States Department of Agriculture, 2023). De acordo com o Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus), a produção nacional está centralizada principalmente na região sudeste, com destaque para o cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro, na qual a reestimativa da safra 2025/25 é de 232,38 milhões de caixas de laranja de 40,8 kg (Fundecitrus, 2024).

Para preservar a produção, é necessário anualmente um grande volume de mudas para formação e manutenção de pomares cítricos. A muda cítrica caracteriza-se como o insumo mais importante na formação do pomar (Fernandes; Gomes; Mendonça, 2012). Os porta-enxertos desempenham um papel vital no crescimento e desenvolvimento das plantas cítricas, pois influenciam muitas características das cultivares-copas (Pompeu Junior, 2005; Penna et al., 2012). Existem, atualmente, várias seleções de porta-enxertos cultivados no Brasil, dentre elas o trifoliato 'Flying Dragon' [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf. var. *monstrosa*]. Possui como principais características a tolerância ao frio, imunidade à tristeza dos citros, adaptabilidade a solos pesados, resistência à gomose de *Phytophthora*, além de conferir às principais cultivares-copas de *Citrus spp.* característica de nanismo, o que torna crescente seu uso em pomares de altas densidades (Pio et al., 2002; Pompeu Junior, 2005; Hayat et al., 2022).

Na produção comercial de porta-enxertos cítricos, a propagação por meio de sementes tem se destacado como o principal método de obtenção de novas plantas destinadas à aplicação do processo de enxertia (Oliveira et al., 2008; Albrecht et al., 2020; Pokhrel et al., 2021). Para o trifoliato 'Flying Dragon', uma das maiores limitações do setor viveirista é o tempo prolongado para a formação das mudas (Maro, 2024). Em geral, as sementes de citros apresentam dormência física, causada pela impermeabilidade do tegumento, caracterizado como rígido e lenhoso, que atua como uma barreira física, limitando a embebição de água e difusão de gases com o ambiente (Oliveira; Scivittaro; Radmann, 2006; Oliveira; Scivittaro, 2007; Silva; Carvalho, 2007).

Muitos métodos podem ser utilizados para superar a dormência de sementes, dependendo basicamente das causas dessa dormência, podendo existir um ou mais tratamentos efetivos (Canal et al., 2023). Os métodos mais comuns para superação de dormência tegumentar

são a escarificação química, escarificação mecânica, radiação, choque térmico, imersão em água quente e embebição em água fria (Baskin; Baskin, 2014; Marcos Filho, 2015). Esses tratamentos podem causar ruptura no tegumento da semente, aumentando a permeabilidade e permitindo rápida embebição (Gao et al., 2020).

Em citros, é recomendável a remoção manual do tegumento antes da semeadura, pois proporciona uma germinação mais rápida e uniforme, reduzindo o tempo para a formação de mudas de algumas variedades de porta-enxertos (Silva; Carvalho, 2007; Zucareli et al., 2009; Moreira; Ramos; Cruz, 2010; Rodrigues et al., 2010). No entanto, essa técnica é considerada pelos viveiristas bastante demorada e onerosa, já que o manuseio das sementes é realizado de forma individual, requerendo mão de obra treinada para a sua execução, visando-se evitar danos aos embriões (Oliveira; Scivittaro, 2007; Silva; Carvalho, 2007). Desse modo, merece considerável destaque a pesquisa e implementação de novas técnicas de remoção do tegumento que preservem a integridade do embrião e propiciem maior taxa, velocidade e uniformidade nos processos de germinação e emergência das plântulas cítricas (Wilson, 2022).

Notavelmente, a aplicação de substâncias químicas em sementes de diferentes espécies, seja para escarificar seus tegumentos ou envoltórios, estimular a germinação ou interferir em mecanismos de dormência, tem aumentado progressivamente, principalmente com uso de solução de hipoclorito de sódio. Em estudo realizado por Oliveira, Scivittaro e Radmann (2005), com o objetivo de otimizar a emergência e o desenvolvimento de plântulas do porta-enxerto Trifoliata, através de escarificação química das sementes com solução de hipoclorito de sódio (NaClO) a 12%, 3 mL de ácido clorídrico (HCl) e 20 g de hidróxido de sódio comercial (NaOH), revelou que o NaClO é um componente importante na composição do tratamento de escarificação química das sementes. Mais recentemente, foi observado que a imersão das sementes de limeira-ácida (*Citrus aurantifolia* Swingle) e laranjeira doce (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) em solução de NaClO, na concentração de 10% de cloro ativo, durante 20 minutos, favorece a germinação e a emergência de plântulas para ambas as espécies (Wilson, 2022).

O NaClO, comumente encontrado em formulações comerciais de água sanitária, é amplamente empregado como agente de assepsia para sementes ou outras unidades de dispersão (Brasil, 2009). Exerce influência sobre o estímulo ou inibição da germinação em determinadas espécies, pois remove ou oxida os compostos que inibem a germinação das sementes (Hsiao; Hanes, 1981; Cigel et al., 2020). Este composto apresenta grande potencial de uso, devido, principalmente, à sua disponibilidade no mercado, seu baixo custo e periculosidade, rápida ação

sanitizante e efeito sobre determinados tipos de patógenos (Meireles et al., 2007; Maia et al., 2024).

Dependendo da concentração e do tempo de imersão das sementes, o NaClO vem apresentando resultados promissores na melhoria da germinação de sementes e emergência de plântulas para algumas culturas, como cafeeiro (Meireles et al., 2007; Rubim et al., 2010; Lima et al., 2012), mamoeiro (Jesus et al., 2015; Jesus et al., 2016a; Jesus et al., 2016b), cártamo (Ramos et al., 2018) e tabaco (Lopes et al., 2019). Assim, é crucial enfatizar que a definição correta da concentração de cloro ativo e do tempo de imersão é de extrema relevância para estabelecer a metodologia a ser adotada, uma vez que, em certas sementes, cujos tegumentos não representam barreira física para a germinação, o NaClO pode causar escarificação, provocando danos aos tecidos do embrião (Carnelossi; Lamounier; Ranal, 1995).

Dessa forma, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito do hipoclorito de sódio na germinação e no vigor de sementes recém-colhidas do trifoliateiro ‘Flying Dragon’ (*Poncirus trifoliata* var. *monstrosa*), e analisar alterações anatômicas no tegumento.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido no Laboratório de Pesquisa de Sementes do Departamento de Agronomia (DAA) da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

As sementes avaliadas foram do porta-enxerto de citros trifoliateiro ‘Flying Dragon’ (*Poncirus trifoliata* var. *monstrosa*), provenientes da coleção de porta-enxertos de citros da Unidade de Ensino Pesquisa e Extensão (UEPE) Pomar do Fundão/UFV (20° 45 ‘40” S; 42° 50’ 55” W a 700 m de altitude), do Setor de Fruticultura do DAA, em Viçosa, Minas Gerais.

O hipoclorito de sódio (NaClO) foi obtido em um estabelecimento comercial localizado na cidade de Viçosa, em Minas Gerais. A determinação da concentração de cloro ativo foi realizada pelo método da iodometria (ABNT, 2004), no Laboratório de Celulose e Papel do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais. A solução apresentou uma concentração de cloro ativo de 5,0%.

### **2.1 Colheita dos frutos, extração e beneficiamento das sementes**

Os frutos do trifoliateiro ‘Flying Dragon’ foram colhidos manualmente em abril de 2024, quando maduros, evidenciado pela coloração amarelada do epicarpo (Conceição et al.,

2020) e transportados em caixas de plástico (36,5 x 55 x 31 cm) ao Laboratório de Pesquisa de Sementes do DAA para posterior extração e beneficiamento das sementes.

Para a extração manual das sementes, realizou-se um corte superficial do pericarpo na região equatorial do fruto, tendo o cuidado para não atingir as sementes; as metades foram separadas por meio de movimento giratório com as mãos, espremendo-as sobre peneira para posterior lavagem das sementes em água corrente, de acordo com as recomendações de Oliveira et al. (2016). Após a lavagem, as sementes foram colocadas em bandeja com água para retirada do restante da polpa e sementes mal-formadas. As sementes que sobrenadaram foram consideradas inviáveis, sendo descartadas (Wilson, 2022). Posteriormente, as sementes foram friccionadas manualmente em cal hidratado (CaO), para remoção da mucilagem (Carvalho; Graf; Violante, 2005), durante 60 segundos, com subsequente lavagem em água corrente para retirada de todo o resíduo de cal. Em seguida, as sementes foram postas para secar à sombra, distribuídas sobre duas folhas de papel germitest em bancada, sendo utilizada uma camada de sementes com espessura de 1,5 cm. As sementes foram mantidas em ambiente de laboratório durante uma hora para a remoção da umidade superficial.

## **2.2 Teor de água**

Após a secagem superficial, foram retiradas quatro subamostras com 50 sementes cada para determinação do teor de água inicial, seguindo as recomendações das Regras para Análises de Sementes (Brasil, 2009), e os resultados foram expressos em porcentagem. O teor de água determinado foi 41%.

## **2.3 Aplicação dos tratamentos**

Para o tratamento prévio as sementes foram acondicionadas em caixas de plástico tipo gerbox transparentes e com tampa, contendo solução de hipoclorito de sódio (NaClO) em três concentrações de cloro ativo (0,0 – água destilada; 2,5 e 5,0%) durante três tempos de imersão (3, 6 e 9 h). Também foi empregado um tratamento adicional (sementes intactas com tegumento e sem imersão em água ou solução de NaClO - testemunha). Adotou-se a proporção de 220 mL de solução para 250 sementes. A concentração de cloro ativo de 2,5% foi obtida por meio de diluição do hipoclorito de sódio comercial em água destilada, sendo preparada próximo ao momento de sua utilização.

Para que as sementes permanecessem imersas na solução, foi utilizado o telado próprio das caixas gerbox sobre as sementes, as quais foram tampadas e levadas para câmara tipo

B.O.D. (*Biological Oxygen Demand*) com temperatura constante de 25 °C na ausência de luz, pelos tempos de imersão referentes a cada tratamento. A ausência de luz durante o tratamento prévio é de grande relevância, pois o NaClO é um composto químico fotossensível (Prado et al., 2012). Após cada tempo, as sementes foram lavadas em água corrente por 60 segundos para eliminar o resíduo de NaClO, com posterior pré-secagem à sombra durante 30 minutos. As sementes que foram imersas em água destilada (0,0% de cloro ativo) também foram lavadas.

## **2.4 Avaliação da qualidade fisiológica das sementes**

Germinação: foi realizada em substrato rolo de papel com quatro subamostras de 50 sementes, dispostas em três folhas de papel germitest, umedecidas com água destilada em quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso seco do papel. Durante a montagem do teste, as sementes foram tratadas com o fungicida Captan<sup>®</sup>, na dose do produto comercial de 4 mL L<sup>-1</sup> de água. Para tal, após a disposição das sementes sobre as folhas de papel, procedeu-se à aplicação do fungicida em estado líquido, utilizando pulverizador borrifador manual, até as sementes apresentarem-se com aspecto úmido. Os rolos foram acondicionados dentro de sacos plásticos transparentes e mantidos em câmara B.O.D, regulada à temperatura constante de 30 °C, sob fotoperíodo de 8 horas com lâmpada fluorescente compacta (luz branca). A avaliação foi realizada 30 dias após a semeadura, contando-se o número de plântulas normais, conforme as descrições propostas por Ávila et al. (2019) para as plântulas do porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia* Osbeck). Os resultados foram expressos em porcentagem.

Protusão radicular: no teste de germinação, aos 10 dias após a semeadura, foram contadas as sementes que apresentaram a emissão da radícula (Krzyzanowski et al., 2020). Os resultados foram expressos em porcentagem.

Primeira contagem de germinação: foi realizada juntamente com o teste de germinação com avaliação aos 21 dias após a semeadura, sendo calculada a porcentagem de plântulas normais (Ávila et al., 2019). Os resultados foram expressos em porcentagem.

## **2.5 Avaliações anatômicas das sementes**

Geometria das sementes pelo equipamento GroundEye<sup>®</sup>: para avaliação da morfologia externa, as imagens foram capturadas em alta resolução, pelo equipamento GroundEye<sup>®</sup>, constituído de um aparelho de captação de informações composto por esteira transportadora e análise em tempo real por vídeo, aliado ao software (TBIT, 2014). As sementes passaram por uma pré-secagem, durante 24 horas, antes da captura das imagens. Foram utilizadas quatro

repetições de 10 sementes, utilizando as sementes remanescentes do preparo prévio dos tratamentos, que foram colocadas em bandeja de acrílico do próprio equipamento. Após a captura das imagens, o software gerou planilhas com informações referentes a área (cm<sup>2</sup>) e diâmetro máximo (cm) das sementes.

Microscopia eletrônica de varredura: o estudo anatômico do tegumento das sementes foi realizado por meio de microscópio eletrônico de varredura (MEV) (modelo JSM-6010LA, JEOL, Akishima, Japão), conforme o estudo de Jesus et al. (2015). A microscopia foi realizada após obtenção dos resultados do teste de germinação, sendo selecionados os seguintes tratamentos: tratamento-testemunha; 0,0%/9h; 2,5%/9h e 5,0%/9h, utilizando as sementes remanescentes do preparo prévio dos tratamentos. Essas sementes, após tratamento prévio, foram acondicionadas em placas de petri, com posterior armazenamento em dessecador com sílica gel antes de serem preparadas as amostras para captura das imagens. Para o preparo das amostras, as sementes foram montadas em uma porta amostra de metal (*Stub*) e fixadas usando fita e cola condutora de carbono e posteriormente pulverizadas em metalizador (Evaporador de carbono Q150T E) com uma camada de ouro de 9 nm. A captura das imagens foi realizada com detector de elétrons secundários (SE) no MEV, que opera em um feixe de elétrons de 20 kV. O preparo das amostras foi realizado no Núcleo de Microscopia e Microanálise e a captura das imagens foram feitas no Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura do Departamento de Física da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais. Os resultados foram realizados por meio de análise descritiva.

## **2.6 Delineamento experimental e análise estatística**

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com os tratamentos arranjos em esquema fatorial  $3 \times 3 + 1$ , com quatro repetições e 50 sementes por parcela. Os fatores ensaiados foram: três concentrações de NaClO (0,0 – água destilada; 2,5 e 5,0% de cloro ativo), três tempos de imersão (3, 6, e 9 h) e a testemunha (sementes com tegumento e sem imersão em água destilada ou solução de NaClO).

Foi realizada a análise de variância ( $p < 0,05$ ) para as variáveis germinação, protusão radicular, primeira contagem de germinação, área e diâmetro máximo. No caso de interação significativa, foi realizado o desdobramento dos fatores. Posteriormente, as médias foram comparadas entre si por meio do teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Compararam-se todos os tratamentos com a testemunha pela aplicação do teste de Dunnett a 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas empregando-se o programa computacional R versão 4.3.2.

### 3 RESULTADOS

Houve incremento na germinação conforme o tempo de imersão e concentração de NaClO (Tabela 1). Para o tempo de imersão de 3 horas, nota-se aumento na germinação, com maior porcentagem obtida com a concentração de 5,0% de cloro ativo. No tempo de 6 horas, a maior porcentagem foi observada na concentração de 5,0% de cloro ativo, porém diferiu apenas do valor obtido na concentração de 0,0% de cloro ativo, sendo a mesma tendência observada para o tempo de 9 horas de imersão. Analisando as concentrações de cloro ativo dentro dos tempos de imersão das sementes, é possível notar que não houve efeito significativo quando as sementes foram imersas na concentração de 0,0% de cloro ativo. Por sua vez, quando imersas nas concentrações de 2,5 e 5,0% de cloro ativo, houve incremento na germinação à medida que o tempo de imersão das sementes aumentava, sendo as maiores porcentagens (60 e 68%, respectivamente) obtidas no tempo de 9 horas, que diferiu dos valores obtidos para os demais tempos de imersão. Nota-se, ainda, que as porcentagens obtidas nas concentrações de 2,5 e 5,0% de cloro ativo, independentemente do tempo de imersão, diferiram da testemunha, com valores superiores, indicando que a germinação das sementes foi favorecida com o uso do NaClO.

**Tabela 1.** Germinação, primeira contagem de germinação e protusão radicular de sementes do porta-enxerto trifoliato 'Flying Dragon', de acordo com as concentrações de hipoclorito de sódio (NaClO) e os tempos de imersão.

| Tempo (h)  | Germinação (%)                      |                       |                      |
|------------|-------------------------------------|-----------------------|----------------------|
|            | NaClO (%)                           |                       |                      |
|            | 0,0                                 | 2,5                   | 5,0                  |
| 3          | 14 cA                               | 25 bC <sup>(+)</sup>  | 39 aC <sup>(+)</sup> |
| 6          | 21 bA                               | 49 aB <sup>(+)</sup>  | 57 aB <sup>(+)</sup> |
| 9          | 17 bA                               | 60 aA <sup>(+)</sup>  | 68 aA <sup>(+)</sup> |
| Testemunha | 13                                  |                       |                      |
| CV (%)     | 15,50                               |                       |                      |
| Tempo (h)  | Protusão radicular (%)              |                       |                      |
|            | NaClO (%)                           |                       |                      |
|            | 0,0                                 | 2,5                   | 5,0                  |
| 3          | 7 bA                                | 16 aA <sup>(+)</sup>  | 18 aB <sup>(+)</sup> |
| 6          | 7 bA                                | 24 aA <sup>(+)</sup>  | 27 aB <sup>(+)</sup> |
| 9          | 7 cA                                | 23 bA <sup>(+)</sup>  | 48 aA <sup>(+)</sup> |
| Testemunha | 5                                   |                       |                      |
| CV (%)     | 26,90                               |                       |                      |
| Tempo (h)  | Primeira contagem de germinação (%) |                       |                      |
|            | NaClO (%)                           |                       |                      |
|            | 0,0                                 | 2,5                   | 5,0                  |
| 3          | 9 bA                                | 17 abA <sup>(+)</sup> | 22 aC <sup>(+)</sup> |
| 6          | 12 cA                               | 24 bA <sup>(+)</sup>  | 34 aB <sup>(+)</sup> |
| 9          | 9 cA                                | 24 bA <sup>(+)</sup>  | 52 aA <sup>(+)</sup> |
| Testemunha | 7                                   |                       |                      |
| CV (%)     | 23,17                               |                       |                      |

Médias seguidas de letras iguais maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>(+)</sup> Diferença significativa superior em relação à testemunha (sementes intactas com tegumento e sem imersão em água ou solução de NaClO), pelo teste de Dunnett ( $p < 0,05$ ). Fonte: Autor (2025).

Com relação à protusão radicular, avaliada aos 10 dias após a semeadura, é possível notar incremento na porcentagem de sementes que emitiram radícula conforme o aumento da concentração de cloro ativo na solução (Tabela 1). Para os tempos de 3 e 6 horas, as menores médias (7%) foram obtidas nas sementes imersas apenas em água destilada, que diferiram das médias obtidas nas concentrações de 2,5 e 5,0% de cloro ativo. No tempo de imersão de 9 horas, a maior porcentagem (48%) foi observada na concentração de 5,0% de cloro ativo, a qual diferiu significativamente das demais concentrações. Avaliando de maneira isolada as concentrações dentro dos tempos de imersão, é possível verificar que não houve efeito significativo quando as sementes foram imersas em água destilada e na concentração de 2,5% de cloro ativo,

independentemente do tempo de imersão, sendo o maior percentual de protusão radicular das sementes alcançada no tratamento 5,0%/9h. As porcentagens obtidas nas concentrações de 2,5 e 5,0% de cloro ativo, independentemente do tempo de imersão, foram as que diferiram do valor obtido pela testemunha.

Na primeira contagem de germinação, aos 21 dias após a semeadura, nota-se incremento na porcentagem de plântulas normais, conforme o aumento da concentração de cloro ativo na solução dentro de cada tempo de imersão das sementes, seguindo a mesma tendência observada na porcentagem de germinação (Tabela 1). Para o tempo de imersão de 3 horas, o maior valor (22%) foi alcançado na concentração de 5,0% de cloro ativo, que diferiu apenas das sementes imersas em água destilada. Da mesma forma, para os tempos de imersão de 6 e 9 horas, os maiores valores (34 e 52%, respectivamente) foram obtidas na concentração de 5,0%. Com relação às concentrações, de maneira isolada, é possível notar que não houve efeito significativo dos tempos, quando as sementes foram imersas em água destilada e na concentração de 2,5% de cloro ativo. Já para a concentração de 5,0% de cloro ativo, verificou-se incremento na germinação à medida que se aumenta o tempo de imersão das sementes, com a maior porcentagem alcançada no tempo de imersão de 9 horas. Nas concentrações de 2,5% e 5,0% de cloro ativo, independentemente do tempo de imersão, os valores foram superiores, diferenciando-se da testemunha, cujo valor foi de 7%.

Houve diferenças na geometria das sementes do porta-enxerto trifoliato 'Flying Dragon' após a aplicação dos tratamentos (Tabela 2). Observa-se que para o tempo de imersão de 3 horas, a concentração de 5,0% de cloro ativo promoveu aumento na área e diâmetro das sementes, com maior valor, diferindo das demais concentrações. Para o tempo de 6 horas, não se observou efeito significativo para a variável área; para o diâmetro, a concentração de 5,0% de cloro ativo apresentou menor valor, diferindo das demais concentrações. Já no tempo de 9 horas, o maior valor de área e diâmetro foi alcançado na concentração de 0,0% de cloro ativo, que diferiu das outras concentrações. Quando analisadas as concentrações dentro dos tempos de imersão, verifica-se que ao serem imersas na concentração de 0,0% de cloro ativo, há um aumento nos valores de área e diâmetro das sementes, onde o tempo de 9 horas proporcionou o maior valor. Na concentração de 2,5% de cloro ativo, o maior valor para ambas as variáveis foi alcançado com a imersão das sementes por 6 horas, que diferiu apenas do tempo de 3 horas. Na concentração de 5,0% de cloro ativo, o maior valor foi obtido no tempo de 3 horas, que diferiu dos demais tempos de imersão, para ambas as variáveis. Os valores obtidos pela testemunha

diferiu dos valores obtidos nos tratamentos 0,0%/3h, 2,5%/3h, 2,5%/9h, 5,0%/6 e 5,0%/9h, para ambas as variáveis geométricas, que registraram valores inferiores.

**Tabela 2.** Características biométricas de sementes do porta-enxerto trifoliato 'Flying Dragon', de acordo com as concentrações de hipoclorito de sódio e os tempos de imersão obtidas pelo Groundeye®.

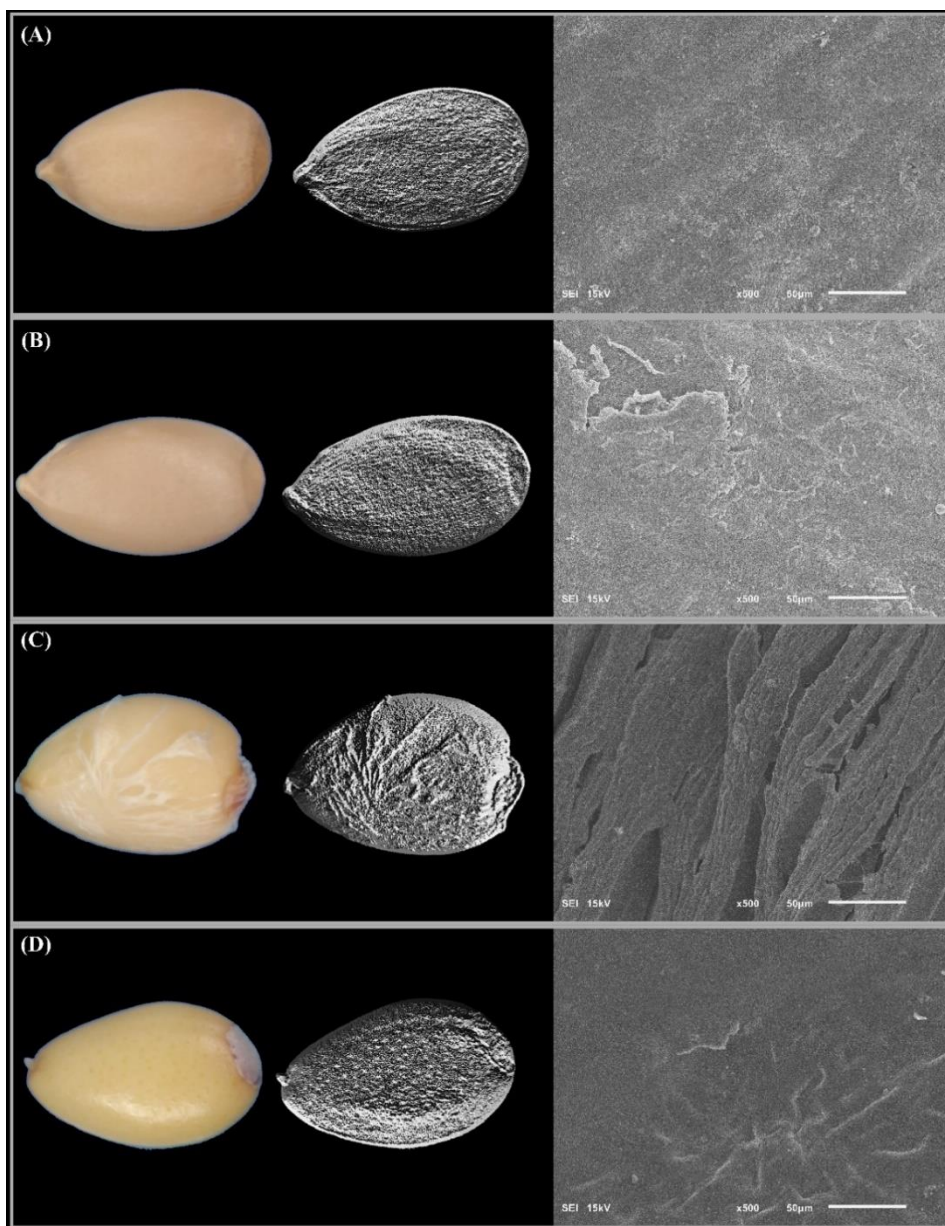
| Tempo (h)  | Área (cm <sup>2</sup> )       |                                |                               |
|------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
|            | NaClO (%)                     |                                |                               |
|            | 0,0                           | 2,5                            | 5,0                           |
| 3          | 0,41 <b>bB</b> <sup>(-)</sup> | 0,40 <b>bAB</b> <sup>(-)</sup> | 0,47 <b>aA</b>                |
| 6          | 0,43 <b>aB</b>                | 0,44 <b>aA</b>                 | 0,40 <b>aB</b> <sup>(-)</sup> |
| 9          | 0,51 <b>aA</b>                | 0,38 <b>bB</b> <sup>(-)</sup>  | 0,41 <b>bB</b> <sup>(-)</sup> |
| Testemunha | 0,46                          |                                |                               |
| CV (%)     | 5,91                          |                                |                               |
|            | Diâmetro máximo (cm)          |                                |                               |
|            |                               |                                |                               |
|            | 0,0                           | 2,5                            | 5,0                           |
| 3          | 0,95 <b>bB</b> <sup>(-)</sup> | 0,95 <b>bAB</b> <sup>(-)</sup> | 1,02 <b>aA</b>                |
| 6          | 0,96 <b>abB</b>               | 0,97 <b>aA</b>                 | 0,90 <b>bB</b> <sup>(-)</sup> |
| 9          | 1,04 <b>aA</b>                | 0,89 <b>bB</b> <sup>(-)</sup>  | 0,90 <b>bB</b> <sup>(-)</sup> |
| Testemunha | 1,02                          |                                |                               |
| CV (%)     | 3,67                          |                                |                               |

Médias seguidas de letras iguais maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>(-)</sup> Diferença significativa inferior em relação à testemunha (sementes intactas com tegumento e sem imersão em água ou solução de NaClO), pelo teste de Dunnett ( $p < 0,05$ ). Fonte: Autor (2025).

Na análise das imagens obtidas através da microscopia eletrônica de varredura, foram observados danos na estrutura externa do tegumento das sementes do porta-enxerto trifoliato 'Flying Dragon' após aplicação dos tratamentos (Figura 1). As micrografias revelaram que as sementes do tratamento-testemunha apresentaram protuberâncias (rugosidades) na superfície do tegumento (Figura 1A), uma característica que não foi observada nas sementes submetidas aos demais tratamentos. Ao analisar a superfície das sementes do tratamento 0,0%/9h, observou-se descamação superficial em várias áreas, possivelmente resultante do processo de embebição (Figura 1B). No tratamento 2,5%/9h, observou-se a presença de numerosas fissuras localizadas de maneira desordenada ao longo dos tecidos do tegumento das sementes (Figura 1C). Para o tratamento 5,0%/9h é possível notar que houve a completa degradação do tegumento, que se apresentou apenas com depressões na formação dos cotilédones (Figura 1D). Essa degradação pode ter favorecido o processo de embebição e o subsequente

desenvolvimento do embrião, uma vez que esse tratamento se destacou na germinação, primeira contagem de germinação e protusão radicular, apresentando os maiores valores (Tabela 1).

**Figura 1.** Imagens capturadas pelo equipamento GroundEye® (à esquerda) e microscópio eletrônico de varredura (MEV) (à direita) das sementes do porta-enxerto trifoliatoeiro ‘Flying Dragon’, de acordo com as concentrações de hipoclorito de sódio (NaClO) e o tempo de de imersão de 9 h. (A) Semente intacta - testemunha; (B) tratamento com 0,0% de cloro ativo; (C) tratamento com 2,5% de cloro ativo; e (D) tratamento com 5,0% de cloro ativo. Barra de escala do MEV: 50 µm.



Fonte: Autor (2025).

## 4 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para as variáveis germinação, primeira contagem de germinação e protusão radicular, da solução de NaClO, evidenciam a capacidade de atuar como agente estimulador no processo germinativo de sementes do porta-enxerto trifoliato 'Flying Dragon' (Tabela 1). Nas concentrações de 2,5% e 5,0% de cloro ativo, os resultados foram superiores àqueles obtidos quando as sementes foram imersas em água destilada (0,0% de cloro ativo), e também se diferenciaram positivamente da testemunha. A baixa porcentagem de germinação observada para a testemunha, pode ser uma particularidade da espécie, já que estudos têm demonstrado que, mesmo com a retirada manual do tegumento, a germinação foi inferior a 50%, e, com a presença do tegumento, a germinação alcançada foi de 6%, aos 60 dias após a semeadura (Moreira; Ramos; Cruz, 2010; Rodrigues et al., 2010).

A utilização de hipoclorito de sódio, portanto, proporcionou condições favoráveis, permitindo que a protusão de radícula fosse mais rápida, acelerando o processo de germinação, constatado pela observação do maior número de plântulas normais, já aos 21 dias após a semeadura (Tabela 1), tendo em vista que a germinação de sementes do porta-enxerto trifoliato 'Flying Dragon' é considerada lenta e tardia (Rodrigues et al., 2010; Carvalho et al., 2021). Essa rápida emissão de radícula provavelmente está relacionada ao desgaste do tegumento das sementes provocado pela ação da solução de NaClO (Figura 1). Resultados semelhantes foram encontrados por Meireles et al. (2007), ao analisarem a eficácia do NaClO na escarificação ou remoção do pergaminho e na qualidade fisiológica de sementes de café arábica da variedade Catuaí 44. Os autores notaram que a imersão das sementes, na concentração de 5,0% de cloro ativo, durante 6 horas, resultou numa protusão da raiz primária mais rápida, culminando na maior velocidade de germinação das sementes. Em sementes de tabaco da cultivar comercial CSC 439 do grupo varietal Virgínia, também, se verificou que o condicionamento em solução de NaClO, na concentração de 1% de cloro ativo, por 180 minutos, possibilita maior velocidade e percentual de emergência de plântulas (Lopes et al., 2019).

O uso de NaClO mostra resultados positivos na aceleração do processo de germinação para algumas variedades de porta-enxertos de citros. Teixeira et al. (2009) estudaram a influência do NaClO, na concentração de 12% de cloro ativo, em combinação com 3 mL de ácido clorídrico (HCl) e 20 g de hidróxido de sódio comercial (NaOH). Os autores observaram aumento na germinação e no desenvolvimento inicial dos porta-enxertos FEPAGRO 'C37' e 'Trifoliata'. Nas sementes de limeira ácida e laranjeira doce, notou-se que a imersão das

sementes, na concentração de 10% de cloro ativo, durante 20 minutos, favorece a germinação e a emergência de plântulas, em comparação com as sementes que não foram embebidas em solução de NaClO (Wilson, 2022).

Tais resultados reforçam a eficácia do NaClO no aumento da germinação de sementes e emergência de plântulas de porta-enxertos cítricos. Adicionalmente, a ação oxidante do NaClO pode eliminar microrganismos presentes na superfície das sementes (Brasil, 2009), reduzindo riscos de infecções fúngicas e bacterianas que poderiam comprometer a emergência e o desenvolvimento inicial das plântulas. Os microrganismos, como fungos e bactérias, podem atacar o embrião ou os tecidos de reserva da semente, levando à perda de vigor, à morte das sementes, além de anormalidades nas plântulas (Zuffo et al., 2023).

Para outras espécies, a utilização de NaClO também tem apresentado resultados promissores. Em sementes de café arábica cultivar IAC Catuaí 44, o uso do NaClO, na concentração de 5% de cloro ativo, durante 6 horas, é eficaz para degradar o pergaminho, e proporciona germinação superior à testemunha com pergaminho (Meireles et al., 2007). A imersão de sementes de mamoeiro da variedade Golden, pertencente ao grupo “Solo”, na proporção de 10 sementes por 200 mL de solução de NaClO, na concentração de 2% de cloro ativo, por 24 horas, é uma alternativa para a retirada da sarcotesta em sementes recém-colhidas (Jesus et al., 2016a). Em sementes de genótipos de cártamo (7525 e 7329), constatou-se que a imersão em NaClO, na concentração de 1% de cloro ativo, por 5 minutos, foi eficaz na promoção da germinação (Ramos et al., 2018).

A aplicação do NaClO também tem apresentado efeitos prejudiciais na qualidade fisiológica das sementes de diferentes espécies. Para sementes de mamoeiro da variedade Golden, pertencente ao grupo “Solo”, a imersão destas em solução de NaClO, na concentração de 12% de cloro ativo, por 12 horas, favorece a remoção da sarcotesta, porém afeta negativamente a germinação (Jesus et al., 2016b). Embora o NaClO tenha removido a sarcotesta, os autores sugeriram que a concentração, o tempo de imersão e a proporção empregados podem ter contribuído para que as sementes absorvessem o NaClO através das várias camadas da semente, prejudicando estruturas essenciais para a germinação, como por exemplo o eixo embrionário. Em sementes de arroz da cultivar SCS 122 Miura, a imersão das sementes em solução de NaClO, na concentração de 0,5%, por 24 horas, promovem a superação da dormência, mas prejudica o vigor (Cigel et al., 2020). De acordo com esses autores, a utilização do NaClO provocou rupturas no pericarpo das sementes, que aumentou o extravasamento de solutos na solução, verificado pelo teste de condutividade elétrica.

As variáveis área e diâmetro máximo referem-se à geometria da semente e são responsáveis por descrever a região ocupada pela semente no plano da imagem (Acha; Vieira, 2020). Para essas variáveis, observou-se incremento nos valores quando as sementes foram imersas na concentração de 0,0% de cloro ativo (água destilada), conforme o aumento do tempo de imersão (Tabela 2). Esse aumento ocorreu em decorrência do processo de embebição, sendo que o tempo de absorção e a quantidade de água absorvida são variáveis em função da natureza e da composição do tegumento (Spadeto et al., 2018). Adicionalmente, o fenômeno de absorção da água afeta as características morfodimensionais da semente e, conseqüentemente, o processo de germinação, conforme observado por Noronha, Medeiros e Pereira (2019).

Embora tenha sido observada descamação na superfície do tegumento das sementes, provocada pelo processo de embebição no tratamento 0,0%/9h (Figura 1), este apresentou germinação igual ao do tratamento testemunha. Resultado semelhante foi observado por Meireles et al. (2007) ao avaliar a eficiência do NaClO na escarificação ou remoção do pergaminho das sementes de cafeeiro da cultivar IAC Catuaí 44, bem como o seu efeito na qualidade destas sementes. Os autores observaram que as porcentagens de germinação foram mais baixas quando as sementes foram imersas apenas em água destilada, independentemente do tempo de imersão. Para sementes de cafeeiro da variedade Catuaí Vermelho IAC 44, Lima et al. (2012) verificaram que a imersão destas em água destilada não é eficaz em aumentar e acelerar a emergência das plântulas, em condições de viveiro.

Pela MEV, verificou-se que os danos causados pela ação do cloro, como as fissuras nas sementes imersas no tratamento 2,5%/9h, e a completa degradação do tegumento no tratamento 5,0%/9h (Figuras 1C; D), provavelmente possibilitaram uma melhor troca de gases e absorção de água com o interior das sementes. Possivelmente, o NaClO tenha contribuído para a ruptura das células do tegumento das sementes, promovendo assim aumento na germinação e vigor das sementes. Jesus et al. (2015) obtiveram resultados semelhantes ao analisar a anatomia e germinação de sementes de mamoeiro da variedade Golden, quando expostas à solução de hipoclorito de sódio em diferentes proporções e concentrações de cloro ativo. Pelas imagens da microscopia eletrônica de varredura, os autores notaram um aumento no número de fissuras presentes na sarcotesta das sementes, conforme a concentração de cloro ativo aumentava.

Os achados deste estudo, quando confrontados com os relatados na literatura, indicam que existe uma variação na concentração de cloro e no tempo de imersão adequados para cada espécie. Essa variação pode estar ligada às estruturas específicas do tegumento das sementes. Para Souza e Marcos Filho (2001), o tegumento é um dos principais determinantes da

germinação, do vigor e da longevidade das sementes. Suas características, como a estrutura ou conformação da camada tegumentar, são variáveis entre as espécies e entre genótipos da mesma espécie (Abati et al., 2022), e podem influenciar o tempo necessário para que ocorra a sua degradação após contato com substância corrosiva (Oliveira et al., 2012).

De acordo com Marcos Filho (2015), existem várias causas que, isoladas ou combinadas, podem ocasionar a dureza do tegumento, tais como a presença de camada cerosa e de grande quantidade de suberina e cutina nas camadas superficiais do tegumento, deposição de lignina na base das células, presença de ácidos graxos nos espaços intercelulares da camada paliçádica, oxidação de compostos fenólicos presentes em células pigmentadas do tegumento, dentre outros. As sementes dos gêneros *Citrus* e *Poncirus* possuem tegumento rígido composto por duas camadas; a camada interna, caracterizada por sua menor espessura, e a camada externa, que é mais espessa e de natureza lenhosa, contendo lignina em quantidade que varia segundo a espécie e o ambiente (Frost; Soost, 1968).

As ligninas são polímeros fenilpropanoides naturais complexos associados às paredes celulares secundárias das plantas (Chen et al., 2012). De acordo com Menezes et al. (2009), a deposição mais significativa de lignina acontece nas camadas das células paliçádicas do tegumento. A lignina promove o revestimento de microfibrilas de celulose e hemicelulose, resultando em maior rigidez, resistência e impermeabilidade para tecidos lignificados (Vanholme et al., 2010), sendo relatado que quanto maior o seu teor, maior é a impermeabilidade do tegumento (Marcos Filho, 2015). Assim, devido à sua presença, é necessário escarificar ou remover o tegumento em sementes de citros para acelerar a germinação e, conseqüentemente, a produção de mudas (Oliveira; Scivittaro, 2007). É importante ressaltar que, nesse estudo, não se quantificou o teor de lignina presente no tegumento das sementes do porta-enxerto trifoliato 'Flying Dragon', o que poderia ter um impacto nos resultados obtidos.

Como as sementes do porta-enxerto trifoliato 'Flying Dragon' apresentam teor de lignina variável (Frost; Soost, 1968), é provável que o cloro ativo da solução tenha degradado essa estrutura. De acordo com Sofiatti et al. (2008), o NaClO atua na degradação da lignina da parede celular de suas células, processo que ocorre provavelmente por meio de reações de oxidação, substituição ou adição de cloro no anel aromático existente na molécula de lignina, conforme descrito por Hise (1996). Adicionalmente, Sofiatti et al. (2008) relatam que, por ser parcialmente solúvel em meio aquoso, o cloro se apresenta na solução aquosa de pré-embebição nas formas de ácido hipocloroso e íon hipoclorito. Assim, o ácido hipocloroso, por ser um

poderoso oxidante, é capaz de destruir substâncias celulares (Jaigobind; Amaral; Jaisingh, 2007), como a lignina.

Para os viveiristas a dormência acaba dificultando o desenvolvimento de mudas, assim, tratamentos de superação de dormência auxiliam na produção (Ribeiro et al., 2021). A técnica de escarificação química, promovida pela ação do cloro ativo presente na solução de hipoclorito de sódio, demonstrou ser uma abordagem para melhorar e acelerar a germinação das sementes para o porta-enxerto cítrico trifoliato 'Flying Dragon'. A utilização dessa estratégia em larga escala tem potencial para otimizar a produção de mudas cítricas, contribuindo para a eficiência de sistemas de cultivo e para a expansão de pomares de alta densidade. Além de apresentar resultados satisfatórios, trata-se de uma técnica de execução rápida e simples, com custo reduzido quando comparada à extração manual do tegumento, que é frequentemente dificultada devido ao tamanho e à composição das sementes, conforme descrito por Duarte et al. (2013).

## 5 CONCLUSÕES

A imersão das sementes recém-colhidas do trifoliato 'Flying Dragon', em NaClO, na concentração de 5,0% de cloro ativo, por 9 horas, favorece a germinação e o vigor.

O tegumento das sementes recém-colhidas do trifoliato 'Flying Dragon' é degradado por meio da imersão em NaClO, a partir de 3 horas, nas concentrações de 2,5% e 5,0% de cloro ativo.

## REFERÊNCIAS

- ABATI, J.; ZUCARELI, C.; BRZEZINSKI, C. R.; LOPES, I. O. N.; KRZYZANOWSKI, F. C.; MORAES, L. A. C.; HENNING, F. A. Water absorption and storage tolerance of soybean seeds with contrasting seed coat characteristics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 44, n. 1, p. 1-10, 2022.
- ACHA, A. J.; VIEIRA, H. D. Digital image processing of coated perennial-soybean seeds and correlation with physiological attributes. **Journal of Seed Science**, v. 42, e202042004, 2020.
- ALBRECHT, U.; BODAGHI, S.; MEYERING, B.; BOWMAN, K. D. Influence of rootstock propagation method on traits of grafted sweet orange trees. **HortScience**, v. 55, n. 5, p. 729-737, 2020.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Solução de hipoclorito de sódio comercial - Determinação do teor de cloro ativo pelo método volumétrico: NBR 9425**. Rio de Janeiro, 2004.

ÁVILA, M. R.; BARBOSA, J.; FONSECA JÚNIOR, N. S.; NAGASHIMA, G. T.; OLIVEIRA, C. M. G.; GARCIA, E. B. Dynamics of the Rangpur lime seed germination test conducted under different temperatures. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 3, p. 344-351, 2019.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination**. (Ed. 2). San Diego: Elsevier/Academic Press, 2014. 1600p.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 395p.

BUFFON, S. B.; ZUCOLOTO, M.; PASSOS, O. S.; BARBOSA, D. H. S. G.; ALTOÉ, M. S.; MORAIS, A. L. Initial production and fruit quality of fifty-seven sweet orange varieties on four rootstocks in Southern state of Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 43, n. 5, (e-765), 2021.

CANAL, T. N.; BARROS, L. M.; CRUCIOL, G. C. D.; VIECENTE, I. V.; CATALANI, G. C. Quebra de dormência em sementes de mucuna preta (*Mucuna pruriens*). **Revista Científica Unilago**, v. 1, n. 1, p. 1-8, 2023.

CARNELOSSI, M. A. G.; LAMOUNIER, L.; RANAL, M. A. Efeito da luz, hipoclorito de sódio, escarificação e estratificação na germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Maioba e Moreninha-de-Uberlândia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 6, p. 779-787, 1995.

CARVALHO, S. A.; GRAF, C. C. D.; VIOLANTE, A. R. Produção de material básico e propagação. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico: Fundag, 2005. p.279-316

CARVALHO, M. S.; ANDRADE, A. C.; GUILHERME, D. O.; MARQUES, R. R. Utilização de Stimulate<sup>®</sup> para germinação de sementes de porta-enxerto de *Poncirus trifoliata*, variedade Flying Dragon. **Revista Agrária Acadêmica**, v. 4, n. 3, p. 33-39, 2021.

CHEN, F.; TOBIMATSU, Y.; HAVKIN-FRENKEL, D.; DIXON, R. A.; RALPH, J. A polymer of caffeyl alcohol in plant seeds. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, n. 5, p. 1772-1777, 2012.

CIGEL, C.; COELHO, C. M. M.; UARROTA, V. G.; KANDLER, R.; SILVA, E. R. Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas à solução de hipoclorito de sódio. **Acta Biológica Catarinense**, v. 7, n. 2, p. 120-127, 2020.

CONCEIÇÃO, P. M.; AZEVEDO, F. A.; SOUZA, A. J. B.; PRÓSPERO, A. G.; MORELLI, M.; FORTI, V. A. Ideal harvesting point of 'Limeira-IAC382' trifoliolate orange fruits for seed extraction. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 42, e-535, 2020.

DUARTE, F. E. V. O.; BARROS, D. R.; GIRARDI, E. A.; SOARES FILHO, W. S.; PASSOS, O. S. Poliembrionia e atributos morfológicos de sementes de porta-enxertos de citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 1, p. 246-254, 2013.

FERNANDES, L. F.; GOMES, W. A.; MENDONÇA, R. M. N. Substratos na produção de porta-enxertos cítricos em ambiente protegido. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 3, p. 1, 2012.

FROST, H. B.; SOOST, R. K. Seed reproduction: development of gametes and embryos. In: REUTHER, W.; BATCHELOR, L. D.; WEBBER, H. J. (Ed.). **The citrus industry**, v. 2, p. 290-324, 1968.

FUNDECITRUS - FUNDO DE DEFESA DA CITRICULTURA. **Estimativa da safra de laranja 2024/25 do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro: cenário em maio/2024**. Araraquara, SP: Fundecitrus, 2024. 31p. Disponível em: <[https://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes\\_relatorios/2024\\_05\\_10\\_Estimativa\\_do\\_Cinturao\\_Citricola\\_2024-2025.pdf](https://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes_relatorios/2024_05_10_Estimativa_do_Cinturao_Citricola_2024-2025.pdf)>. Acesso: 28 de out. 2024.

GAO, Y.; ZHU., M.; MA, Q.; LI, S. Dormancy breakage in *Cercis chinensis* seeds. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 100, n. 6, p. 666-673, 2020.

HAYAT, F.; LI, J.; IQBAL, S.; PENG, Y.; HONG, L.; BALAL, R. M.; KHAN, M. N.; NAWAZ, M. A.; KHAN, U.; FARHAN, M. A.; LI, C.; SONG, W.; TU, P.; CHEN, J. A mini review of citrus rootstocks and their role in highdensity orchards. **Plants**, v. 11, n. 21, p. 1-14, 2022.

HISE, R. Chlorination. In: DENCE, C. W.; REEVE, D. W. **Pulp bleaching - principles and practice**. Atlanta, Georgia-USA: Tappi Press, Seção IV, cap. 2, 1996. 241-259p.

HSIAO, A. I.; HANES, A. Application of the sodium hypochlorite seed viability test to wild oat populations with different dormancy characteristics. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 61, n. 1, p. 115-122, 1981.

JAIGOBIND, A. G. A.; AMARAL, L.; JAISINGH, S. **Dossiê técnico: desinfetante doméstico**. Instituto de tecnologia do Paraná, 2007. 22p.

JESUS, V. A. M.; ARAUJO, E. F.; SANTOS, F. L.; ALVES, E.; DIAS, L. A. S. Sodium hypochlorite for sarcotesta remotion from papaya seeds: anatomical studies. **Journal of Seed Science**, v. 37, n. 4, p. 228-235, 2015.

JESUS, V. A. M.; ARAUJO, E. F.; NEVES, A. A.; DIAS, L. A. S.; SILVA, R. F. Ratio of seeds and sodium hypochlorite solution on the germination process of papaya seeds. **Journal of Seed Science**, v. 38, n. 1, p. 057-061, 2016a.

JESUS, V. A. M.; ARAUJO, E. F.; SANTOS, F. L.; DIAS, L. A. S.; SILVA, R. F. Sodium hypochlorite for removal of the sarcotesta from newly extracted and stored papaya seeds. **Journal of Seed Science**, v. 38, n. 4, p. 358-364, 2016b.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; GOMES-JUNIOR, F. G.; NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados em desempenho de plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B.; MARCOS-FILHO, J. (ed.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. 2. ed. Londrina: Abrates, 2020. 601p.

LIMA, J. S.; ARAUJO, E. F.; ARAUJO, R. F.; DIAS, L. A. S.; DIAS, D. C. F. S.; RENA, F. C. Uso da reidratação e do hipoclorito de sódio para acelerar a emergência de plântulas de cafeeiro. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 2 p. 327-333, 2012.

LOPES, C. A.; CARVALHO, M. L. M.; GUIMARÃES, R. M.; OLIVEIRA, A. M. S.; ANDRADE, D. B. Sodium hypochlorite in the priming of tobacco seeds. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 1, p. 108-111, 2019.

MAIA, W. M. P.; ARAUJO, E. F.; SILVA, A. V.; SILVA, C. M. Superação da dormência tegumentar em sementes de *Crotalaria spectabilis* e *Crotalaria paulinea*. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 18, n. 1, e04411, 2024.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015. 659p.

MARO, L. A. C. Trifoliatoeiro 'Flying Dragon': potencial de uso e limitações. **Agropecuária Catarinense**, v. 37, n. 1, p. 7-9, 2024.

MEIRELES, R. C.; ARAUJO, E. F.; REIS, M. S.; SEDIYAMA, C. S.; SAKIYAMA, N. S.; REIS, L. S. Secafê: metodologia para acelerar a germinação das sementes de café. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 3, p. 90-96, 2007.

MENEZES, M.; VON PINHO, E. V. R.; JOSÉ, S. C. B. R.; BALDONI, A.; MENDES, F. F. Aspectos químicos e estruturais da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 12, p. 1716-1723, 2009.

MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; CRUZ, M. C. M. Caracterização de frutos e poliembrionia em sementes de 'Flying Dragon' e de híbridos de porta-enxerto de citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 486-492, 2010.

NORONHA, B. G.; MEDEIROS, A. D.; PEREIRA, M. D. Incremento de área em sementes de moringa durante a embebição por meio da análise de imagens. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 1, p. 221-232, 2019.

OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B.; RADMANN, E. B. **Tecnologia para a produção de mudas certificadas de citros: esscarificação química de sementes de trifoliata**. Embrapa Clima Temperado, 2005. 5p.

OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B.; RADMANN, E. B. Chemical scarification of the seed to favor the emergence and growth of the Trifoliata rootstock. **Brazilian Agricultural Research**, v. 41, n. 9, p. 1429-1433, 2006.

OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B. Tegumento e profundidade de semeadura na emergência de plântulas e no desenvolvimento do porta-enxerto Trifoliata. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p. 229-235, 2007.

OLIVEIRA, R. P.; SOARES FILHO, W. S.; PASSOS, O. S.; SCIVITTARO, W. B.; ROCHA, P. S. G. Produção de porta-enxertos de citros. In: OLIVEIRA, R. P.; SOARES FILHO, W. S.; PASSOS, O. S.; SCIVITTARO, W. B.; ROCHA, P. S. G. **Porta-enxertos para citros**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 45p.

OLIVEIRA, A. K. M.; RIBEIRO, J. W. F.; PEREIRA, K. C. L.; RONDON, E. V.; BECKER, T. J. A.; BARBOSA, L. A. Superação de dormência em sementes de *Parkia gigantocarpa* (Fabaceae – Mimosidae). **Ciência Florestal**, v. 22, n. 3, p. 533-540, 2012.

OLIVEIRA, R. P.; UENO, B.; SCIVITTARO, W. B.; CARVALHO, F. L. C.; PETRY, H. B.; MORENO, M. B. **Produção de sementes de porta-enxertos de citros**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2016. 32p.

PENNA, L. D.; AROUCA, M. B.; PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; CAMARA, H. Crescimento de mudas de lima ácida ‘Tahiti’, enxertadas em ‘Flying Dragon’ em função da fertirrigação com nitrogênio, fósforo e potássio. **Nucleus**, v. 9, n. 1, p. 17-26, 2012.

PIO, R.; RAMOS, J. D.; GONTIJO, T. C. A.; CARRIJO, E. P.; COELHO, J. H. C.; ALVARES, B. F.; MENDONÇA, V. Enraizamento de estacas dos porta-enxertos de citros ‘Flying Dragon’ e ‘Trifoliata’. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 8, n. 3, p. 195-198, 2002.

POKHREL, S.; MEYERING, B.; BOWMAN, K. D.; ALBRECHT, U. Horticultural attributes and root architectures of field-grown ‘Valencia’ trees grafted on different rootstocks propagated by seed, cuttings, and tissue culture. **HortScience**, v. 56, n. 2, p. 163-172, 2021.

POMPEU JUNIOR, J. Porta-enxertos. In: MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, P. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas: Fundag, 2005. p.63-94

PRADO, M.; FIGUEIREDO, J. P. D. O.; PIRES, D. C. D. A.; CORRÊA, A. C. P.; ARAÚJO, M. C. P. D. Efeitos da Temperatura e do Tempo de Armazenamento Estabilidade Química de Soluções de Hipoclorito de Sódio. **Revista de Odontologia da UNESP**. v. 41, n. 4, p. 242-246, 2012.

RAMOS, A. R.; SILVA, G. H.; FERREIRA, G.; ZANOTTO, M. D. Efeito da temperatura na germinação de sementes de diferentes genótipos de *Carthamus tinctorius*. **Acta Iguazu**, v. 7, n. 1, p. 22-31, 2018.

RIBEIRO, M. I.; RODRIGUES, G. A. A.; BAZZANELLA, A. P.; MARTINS, S.; CORSATO, J. M.; FORTES, A. M. T. Curva de embebição, anatomia e mobilização de reservas em sementes de *Mimosa flocculosa* submetidas à superação de dormência. **Iheringia, Série Botânica**, v. 76, e2021016, 2021.

RODRIGUES, F. A.; FREITAS, G. F.; MOREIRA, R. A.; PASQUAL, M. Caracterização dos frutos e germinação de sementes dos porta-enxertos trifoliata Flying Dragon e *Citrumelo Swingle*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1180-1188, 2010.

RUBIM, R. F.; VIEIRA, H. D.; ARAUJO, E. F.; VIANA, A. P.; COELHO, F. C. Tratamento com hipoclorito de sódio para remoção do pergaminho e aceleração da germinação de sementes de café conilon. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p. 88-98, 2010.

SILVA, L. F. C.; CARVALHO, S. A. Germinação da semente de porta-enxertos de citros em função da presença do tegumento e sua orientação no substrato. **Laranja**, v. 28, n. 1-2, p. 47-59, 2007.

SOFIATTI, V.; ARAUJO, E. F.; ARAUJO, R. F.; REIS, M. S.; SILVA, L. V. B. D.; CARGNIN, A. Uso do hipoclorito de sódio para degradação do endocarpo de sementes de cafeeiro com diferentes graus de umidade. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p.150-160, 2008.

SOUZA, F. H. D.; MARCOS FILHO, J. The seed coat as a modulator of seed-environment relationships in Fabaceae. **Brazilian Journal of Botany**, v. 24, n. 4, p. 365-375, 2001.

SPADETO, C.; MENGARDA, L. H. G.; PAULUCIO, M. C.; LOPES, J. C.; MATHEUS, M. T. Embebição, osmocondicionamento e viabilidade de sementes de *Apuleia leiocarpa* (Vogel.) J. F. Macbr. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 80-89, 2018.

STUCHI, E. S.; GIRARDI, E. A.; SILVA, S. R.; SEMPIONATO, O. R.; PAROLIN, L. G.; MÜLLER, G. W.; DONADIO, L. C. Desempenho de clones pré-imunizados de laranjeiras Valência e Natal no Norte do Estado de São Paulo. **Citrus Research & Technology**, v. 41, e1057, 2020.

TEIXEIRA, P. T. L.; SCHAFER, G.; SOUZA, P. V. D.; TODESCHINI, A. A escarificação química e o desenvolvimento inicial de porta-enxertos cítricos. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 31, n. 3, p. 865-871, 2009.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Citrus**: world markets and trade. Global market analysis - Julho de 2023. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/citrus.pdf>>. Acesso em: 10 de out. 2024.

VANHOLME, R.; DEMEDTS, B.; MORREEL, K.; RALPH, J.; BOERJAN, W. Lignin biosynthesis and structure. **Plant Physiology**, v. 153, n. 3, p. 895-905, 2010.

WILSON, V. Effect of sodium hypochlorite on seed germination and early seedling growth of sweet orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) and lime (*Citrus aurantifolia* Swingle). **Asian Journal of Plant and Soil Sciences**, v. 7, n. 1, p. 84-92, 2022.

ZUCARELI, V.; BONJOVANI, M. R.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J. Tolerância à dessecação e influência do tegumento na germinação de sementes de citrumele 'Swingle' (*Citrus paradisi* MACF X *Poncirus trifoliata* (L.) RAF.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, p. 291-295, 2009.

ZUFFO, A. M.; SOUSA, J. F.; BARROZO, L. M.; MEZZOMO, R.; SILVA, F. C. S.; SANTOS, R. A. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de sorgo produzidas em Balsas-MA. **Ensaio e Ciências**, v. 27, n. 2, p.177-183, 2023.