UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS

CAMPUS DE JABOTICABAL

ESTRESSE SALINO E *Azospirillum brasilense* NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES E NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE CITRUMELEIRO 'SWINGLE'

CARIME GIBRAN

Orientadora: Profa. Dra. Kathia Fernandes Lopes Pivetta

Co-orientador: M.e Gabriel Longuinhos Queiroz

JABOTICABAL – SP

2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS

CÂMPUS DE JABOTICABAL

ESTRESSE SALINO E *Azospirillum brasilense* NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES E NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE CITRUMELEIRO 'SWINGLE'

CARIME GIBRAN

Orientadora: Profa. Dra. Kathia Fernandes Lopes Pivetta

Coorientadores: M.e Gabriel Longuinhos Queiroz

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal, para graduação em ENGENHARIA AGRONÔMICA.

Jaboticabal - SP

2º Semestre/2025

G439e

Gibran, Carime

Estresse salino e Azospirillum brasilense na germinação de sementes e no desenvolvimento inicial de plântulas de citrumeleiro 'Swingle' / Carime Gibran. -- Jaboticabal, 2025

24 f. : il., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agronômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientadora: Kathia Fernandes Lopes Pivetta

Coorientador: Gabriel Longuinhos Queiroz

1. Citrus. 2. Porta-enxertos. 3. Estresse abiótico. 4. Cloreto de sódio. 5. Azospirillum brasilense. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus Jaboticabal

CARIME GIBRAN

ESTRESSE SALINO E *Azospirillum brasilense* NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES E NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE CITRUMELEIRO 'SWINGLE'

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agronômica.

Orientadora: Profa. Dra. Kathia Fernandes Lopes Pivetta
Coorientador: M.e Gabriel Longuinhos Queiroz

Área de Concentração: Floricultura e Paisagismo

Data da defesa: 02/09/2025

(x) Aprovado
( ) Reprovado

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
KATHIA FERNANDES LOPES PIVETTA
Data: 02/09/2025 21:23:23-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa. Dra. Kathia Fernandes Lopes Pivetta
UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Documento assinado digitalmente
ANTONIO MARICELIO BORGES DE SOUZA
Data: 02/09/2025 19:04:52-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Dr. Antonio Maricélio Borges de Souza
UFV – Universidade Federal de Viçosa

Documento assinado digitalmente
ANDRE CATURELLI BRAGA
Data: 02/09/2025 19:15:16-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

André Caturelli Braga
UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Aprovado ´ad referendum´ do Conselho do Departamento em: 03/09/2025

Documento assinado digitalmente
CIBELE CHALITA MARTINS
Data: 03/09/2025 19:01:16-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa. Dra. Cibele Chalita Martins
Chefe do Departamento

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai, Júnior, por ter sido meu escudo em todas as vezes que precisei, por sua resiliência e por me apresentar ao diverso mundo da agronomia, transmitindo-me sua paixão pelos citros.

À minha mãe, Silvana, por ser meu porto seguro e me ensinar diariamente sobre coragem, força e amor.

Às minhas irmãs, Lara e Anelise, por tornarem meus dias mais alegres e completos.

Ao meu avô José, por tantos ensinamentos valiosos e por iniciar a tradição da citricultura em nossa família. Sua ausência física reflete numa saudade imensurável.

Ao meu cachorro Ravi, um pastor alemão leal e carinhoso, por ser minha fonte inesgotável de puro amor e luz.

À minha orientadora, Kathia, uma profissional apaixonada e dedicada, por me conduzir com sabedoria e afeto. Ao meu coorientador, Gabriel, pela atenção, respeito e amizade.

Às minhas amigas Alessandra A., Mariana L., Mariana S., Raphaela C., Karine A., Lara F. e Luísa L., e aos meus amigos André C. e Inácio P., por me ajudarem a trilhar os caminhos da agronomia e me presentearem com uma amizade genuína, repleta de apoio, inspiração, parceria e compaixão.

Ao meu namorado, Vinicius, por todo suporte, compreensão e amor.

Ao Genário, do viveiro Gibran, por sua solicitude, apoio e dedicação.

A Deus, por nunca ter soltado minha mão. Sem Ele, nada disso teria sido possível.

E, por fim, a todos os outros que estiveram comigo nesta trajetória, em mente e coração, deixo registrada minha eterna gratidão.

ÍNDICE

1. RESUMO……..……7

2. INTRODUÇÃO……7

3. MATERIAL E MÉTODOS……..……..……9

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO……11

5. CONCLUSÃO……18

6. REFERÊNCIAS……18

Salt stress and *Azospirillum brasilense* on seed germination and initial seedling development of 'Swingle' citrumelo [1]

Estresse salino e *Azospirillum brasilense* na germinação de sementes e no desenvolvimento inicial de plântulas de citrumeleiro 'Swingle'

Highlights

- ✓ Citrumeleiro 'Swingle' não é tolerante ao estresse salino durante o processo germinativo das sementes
- ✓ O estresse salino atrasa e reduz a germinação de sementes de citrumeleiro 'Swingle'
- ✓ *Azospirillum brasilense* não mitigou os efeitos negativos da salinidade na germinação de sementes de citrumeleiro 'Swingle'

Abstract

The occurrence of salinity in soil and substrates is a factor that interferes with plant development, with the stages of germination, early growth, and establishment being the most vulnerable to the negative effects of salt stress. In this context, understanding species' tolerance levels to salinity and adopting strategies to reduce its negative impacts, such as the application of the rhizobacterium *Azospirillum brasilense*, constitutes an alternative to promote more efficient plant development in saline environments. The objective of this study was to evaluate seed germination and seedling development of the rootstock 'Swingle' citrumelo [*Citrus paradisi* Macfad. cv. Duncan × *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.], an important rootstock used in Brazilian citriculture, under different saline concentrations of sodium chloride (NaCl), using *A. brasilense* as a possible attenuator of salt stress. Treatments were arranged in a 5 × 2 factorial scheme, consisting of four NaCl concentrations: 30, 60, 90, and 120 mM (corresponding to 3.32, 5.70, 7.80, and 9.7 dS m^{-1}, respectively) plus a control treatment (distilled water only), combined with the absence or presence (pre-sowing seed immersion) of *A. brasilense*. Four replications were used, with 25 seeds per plot. In treatments with the presence of *A. brasilense*, strains AbV5 and AbV6 were applied by immersing seeds in 500 mL of the commercial product, which guarantees a minimum concentration of 2×10^8 CFU/mL of the rhizobacterium, for 5 minutes. The following parameters were evaluated: germination speed index (GSI), mean germination time (MGT), percentage of germination, percentage of abnormal seedlings, percentage of seeds expressing polyembryony, percentage of viable ungerminated seeds, and percentage of dead seeds. In addition, primary root length and shoot length were measured, as well as root, shoot, and total dry mass. It was concluded that the 'Swingle' citrumelo is not tolerant to salinity induced by NaCl, and that seed treatment with the rhizobacterium *Azospirillum brasilense* (strains AbV5 and AbV6), via 5-minute immersion, was not effective in mitigating the negative effects of NaCl-induced salinity during the germination process.

Keywords: citrus, sodium chloride, abiotic stress, rhizobacterium

---

[1] Artigo a ser enviado para a Revista Semina Ciências Agrárias

Resumo

A ocorrência de salinidade no solo e em substratos é um fator que interfere no desenvolvimento das plantas, sendo as etapas de germinação, crescimento inicial e estabelecimento as mais vulneráveis aos efeitos negativos do estresse salino. Diante desse cenário, compreender os níveis de tolerância das espécies à salinidade e adotar estratégias para reduzir os impactos negativos, como a aplicação da rizobactéria *Azospirillum brasilense*, constitui uma alternativa para promover um desenvolvimento mais eficiente das plantas em ambientes salinizados. O objetivo deste trabalho foi avaliar a germinação de sementes e o desenvolvimento de plântulas do porta-enxerto citrumeleiro 'Swingle' [*Citrus paradisi* Macfad. cv. Duncan x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.], importante porta-enxerto utilizado na citricultura brasileira, em diferentes concentrações salinas de cloreto de sódio (NaCl), utilizando *A. brasilense*, como possível atenuante do estresse salino. Os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial 5 x 2, sendo, quatro concentrações salinas de NaCl: 30, 60, 90 e 120 mM (correspondendo a 3,32; 5,70; 7,80 e 9,7 dS m^{-1}, respectivamente) adicionado do tratamento controle (somente água destilada), combinadas com ausência ou presença (imersão em solução pré-semeadura) de *A. brasilense*; foram quatro repetições e 25 sementes por parcela. Nos tratamentos com a presença de *A. brasilense*, aplicou-se as cepas AbV5 e AbV6 colocando as sementes imersas em 500 mL do produto comercial, o qual garante uma concentração mínima de 2×10^8 UFC/mL da rizobactéria, durante 5 minutos. Foram avaliados: o índice de velocidade de germinação (IVG), o tempo médio de germinação (TMG), a porcentagem de germinação, de plântulas anormais, de sementes com expressão de poliembrionia, de sementes vivas não germinadas e de sementes mortas. Também foram mensurados o comprimento da raiz principal e da parte aérea, bem como a massa seca de raízes, da parte aérea e total. Concluiu-se que o citrumeleiro 'Swingle' não é tolerante à salinidade promovida por NaCl e que o tratamento das sementes com a rizobactéria *Azospirillum brasilense*, cepas AbV5 e AbV6, via imersão por 5 minutos, não foi eficiente em atenuar os efeitos negativos da salinidade promovida por NaCl, durante o processo germinativo.

Palavras-chave: citros, cloreto de sódio, estresse abiótico, rizobactéria

Introdução

As frutas cítricas estão entre as principais cultivadas ao redor do mundo; seus produtos são fonte de vitaminas, minerais e fibras dietéticas, essenciais para o bem-estar nutricional geral; dentre os tipos de frutos mais cultivados, as laranjas respondem por mais da metade da produção mundial de cítricos e são as mais comercializadas, seguidas por tangerinas, limões e toranjas. A produção e exportação mundial de citros cresceu de forma constante nas últimas três décadas (FAO, 2025). O Brasil é o maior produtor mundial de laranjas doces, comandando uma participação substancial de mais de 80% nas exportações globais de suco de laranja (USDA, 2023; Silva et al., 2025).

Um dos principais entraves para a expansão da produção dos citros em regiões áridas e semiáridas é o estresse salino, que limita a produção e a qualidade dos frutos, fazendo-se necessário o uso de materiais

genéticos com potencial tolerante, que visem melhorar a qualidade da produção cítrica nessas regiões (Silva et al., 2023)

A salinidade do solo e da água está entre os principais fatores de estresse para as plantas, podendo limitar severamente o crescimento e produção vegetal (Ahmad & Sharma, 2008). A maioria das espécies vegetais, principalmente culturas agrícolas, não toleram altas concentrações de sais, uma vez que a salinidade prejudica diversos processos fisiológicos (Ahmad & Sharma, 2008; Katerji et al., 2000). O estresse salino é responsável por mudanças no padrão de germinação e no crescimento vegetal, capaz de promover alterações em funções metabólicas, fisiológicas e anatômicas das plantas, influenciando negativamente o desenvolvimento das espécies (Dutra et al., 2017; Coelho et al., 2017).

Os solos afetados por sais crescem mundialmente a uma taxa de 1 a 2 milhões de hectares por ano, o que abrange uma parcela significativa da produção agrícola tornando essas áreas improdutivas (Hopmans et al., 2021). No Iraque, por exemplo, o cultivo de cítricos enfrenta muitos problemas especialmente nas regiões central e sul, devido à salinidade, seca e altos níveis do lençol freático (Eatshan et al., 2025); no Marrocos, as frutas cítricas são amplamente cultivadas em zona secas e áreas semissecas com problemas da salinidade afetando a produtividade (Chetto et al., 2025).

A produção de mudas cítricas no Estado de São Paulo é regulamentada pela Portaria CDA nº 14/2023 (Portaria..., 2023), que exige a condução compulsória em viveiros telados, visando assegurar a qualidade fitossanitária. O sistema de produção em ambiente protegido, entretanto, depende do uso de fertirrigação para suprir as necessidades nutricionais das plantas cultivadas em recipientes, uma vez que o volume de substrato explorado pelo sistema radicular é reduzido. Essa condição leva, com frequência, à aplicação de doses mais elevadas de fertilizantes como forma de compensação (Rezende et al., 1995).

Embora o controle fitossanitário seja eficiente, o cultivo em viveiros telados apresenta riscos associados à salinização do meio de cultivo. A ausência de chuvas, característica do ambiente protegido, impede a lixiviação natural dos sais, favorecendo o acúmulo de nutrientes aplicados em excesso e de íons tóxicos oriundos tanto de águas salinas quanto de fertilizantes com índices salinos elevados, sendo essa a causa mais recorrente do problema em São Paulo (Silva et al., 1999). Além disso, a utilização de substratos em substituição ao solo acarreta numa baixa capacidade tampão, que reduz a tolerância a falhas no manejo da irrigação e da fertirrigação (Milner, 2002). Diante desse cenário, o monitoramento da condutividade elétrica (EC) com auxílio de condutivímetros é uma prática comum nos viveiros. Ainda assim, torna-se fundamental a busca por alternativas que contribuam para mitigar os efeitos da salinidade na produção de mudas.

As variedades comerciais de citros são propagadas por enxertia sobre porta-enxertos obtidos por sementes ou métodos de cultura de tecidos (Eatshan et al., 2025); o uso de porta-enxertos tolerantes ao estresse salino seria então uma boa opção para o enfrentamento deste problema. Há vários porta-enxertos com características variáveis usados na citricultura mundial, dentre esses, o citrumeleiro 'Swingle' é o mais utilizado no Brasil, no entanto, há poucas informações na literatura sobre a sua tolerância ao estresse salino. Para verificar essa tolerância, pode-se estudar a germinação das sementes em substratos salinos que é um dos métodos mais difundidos para a determinação da tolerância das plantas ao excesso de sais (Silva et al., 2021).

O citrumeleiro ‘Swingle’ é um híbrido obtido na Florida em 1907 pelo cientista Walter Tennyson Swingle, que polinizou flores de pomeleiro ‘Duncan’ (*Citrus paradisi* Macf.) com pólen de flores de limoeiro-trifoliata (*Poncirus trifoliata* L.); o objetivo inicial era transferir a resistência a geadas, do limão para os pomelos, muito suscetíveis ao frio da Florida (Santos, 2015). A principal característica do híbrido criado batizado com o nome de seu criador, “Swingle”, é a sua resistência à gomose (*Phytophthora* spp.), ao nematoide dos citros (*Tylenchulus semipenetrans* Cobb.) e ao frio, que é igual ou superior à dos porta-enxertos tradicionalmente utilizados na citricultura. Além disso, apresenta tolerância superior a uma anomalia vascular recorrente denominada “declínio dos citros” (Araújo et al., 2007).

Sua introdução no estado de São Paulo ocorreu na década de 40, demonstrando induzir boa produtividade às laranjeiras [*C. sinensis* (L.) Osb.] ‘Hamlin’, ‘Baianinha’, ‘Valência’ e ‘Natal’ (Teófilo Sobrinho et al., 1991) e à lima ácida ‘Tahiti’ (*C. latifolia* Tan.) (Figueiredo et al., 2001). Em 2016, 50% das mudas cítricas produzidas no estado de São Paulo, foram enxertadas em citrumeleiro ‘Swingle’ seguido de 33% do limoeiro ‘Cravo’ (Carvalho et al., 2019).

Os porta-enxertos de citros, citrumeleiro ‘Swingle’ e tangerineira ‘Sunki’ são os mais importantes no cinturão cítrico brasileiro, ao lado do limoeiro ‘Cravo’ (Girardi et al., 2021). O desempenho da laranjeira doce ‘Valencia’ enxertada em 16 porta-enxertos de citros foi avaliado ao longo de nove anos e foi observado que o citrumeleiro ‘Swingle’ induziu maior rendimento de frutas por sete temporadas (Vitória et al., 2024), confirmando o seu bom desempenho. Embora amplamente usado, há poucas informações na literatura sobre a tolerância deste porta-enxerto ao estresse salino, bem como, de atenuantes dos seus efeitos.

Além do uso de porta-enxertos tolerantes, é importante buscar outras estratégias que possam atenuar os impactos do estresse salino no desenvolvimento das plantas. Nesse contexto, a utilização de bactérias promotoras de crescimento vegetal desempenha um papel importante na mitigação de estresse salino, proporcionando benefícios significativos às plantas (Nascimento et al., 2023). Dentre essas bactérias, o gênero *Azospirillum* destaca-se como um dos mais importantes (Hungria et al., 2010). A bactéria *Azospirillum brasilense*, além de fixar N_2 atmosférico, contribui para maior desenvolvimento das plantas por meio de diversos mecanismos como a síntese de substâncias promotoras de crescimento, como auxinas, giberelinas e citocininas, aumento da atividade da enzima nitrato redutase, indução das resistências das plantas aos estresses abióticos e bióticos e a solubilização de fosfatos (Fukami et al., 2018).

Baseado no exposto, este estudo teve como objetivo avaliar a germinação das sementes e o desenvolvimento inicial das plântulas de citrumeleiro ‘Swingle’, importante porta-enxerto utilizado na citricultura brasileira, sob diferentes concentrações salinas induzidas por cloreto de sódio (NaCl), bem como, o uso da rizobactéria *Azospirillum brasilense* como potencial agente mitigador dos efeitos do estresse salino.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi instalado, no dia 22 de abril de 2025, e conduzido no Laboratório de Sementes de Plantas Hortícolas do Departamento de Produção Vegetal, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP/FCAV), Câmpus de Jaboticabal (SP). As sementes do porta-enxerto citrumeleiro ‘Swingle’ foram

obtidas por meio do viveiro de mudas cítricas da empresa José Salomão Gibran Agropecuária S/A, Viradouro-SP.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado. O experimento foi realizado em esquema fatorial 5 x 2 sendo, quatro concentrações salinas de NaCl: 30, 60, 90 e 120 mM (correspondendo a 3,32; 5,70; 7,80 e 9,7 dS m^{-1}, respectivamente) adicionado do tratamento controle (somente água destilada), combinadas com ausência ou presença (imersão em solução) de *Azospirillum brasilense*; foram quatro repetições e 25 sementes por parcela, cada parcela foi representada por uma caixa de acrílico tipo "gerbox".

As sementes foram previamente tratadas com solução aquosa à base de hidróxido de sódio – NaOH (5 g L^{-1}), por um período de 60 minutos, em seguida, foram lavadas em água corrente por 60 segundos para eliminar o resíduo de NaOH, com posterior pré-secagem à sombra durante 30 minutos, visando remoção do tegumento.

Após a secagem superficial, foram retiradas duas subamostras com 50 sementes cada para determinação do teor de água inicial, seguindo as recomendações das Regras para Análises de Sementes (Brasil, 2025); os resultados foram expressos em porcentagem.

Baseado em Oliveira et al. (2024), as sementes dos tratamentos com a presença de *A. brasilense*, cepas AbV5 e AbV6, foram imersas em 500 mL do produto comercial Azokop®, o qual garante uma concentração mínima de 2×10^8 UFC/mL da rizobactéria, durante 5 minutos. As sementes que não receberam a rizobactéria foram imersas em água destilada, também durante 5 minutos, a fim de buscar a mesma umidade das sementes tratadas; por fim, todas as sementes foram então colocadas sobre papel-toalha a fim de retirar o excesso de umidade.

As sementes foram semeadas em caixas de acrílico (11 x 11 x 3 cm), com tampa, tipo "gerbox", na profundidade de 1 cm e levemente recobertas sobre 60g de vermiculita® de granulometria média, umedecida com água destilada ou com as respectivas soluções de cloreto de sódio - NaCl, de acordo com o tratamento, mantendo 100% da capacidade de retenção de água. Após, as caixas foram colocadas em câmaras de germinação do tipo *Biological Oxygen Demand* (B.O.D.), à temperatura constante de 30 °C e com fotoperíodo de 16 horas de luz e 8 horas de escuro (Silva, 2020; Morelli et al., 2021).

Foram feitas avaliações diárias, nas quais se registrava apenas o número de plântulas normais, como critério de avaliação da germinação (Brasil, 2025), até a estabilização do processo. Aos 31 dias após a semeadura, foi realizada a avaliação final (Zucareli et al., 2009; Silva et al., 2011; Morelli et al., 2021), quando foi quantificado o número total de plântulas normais (Figura 1A), anormais (Figura 1B), não germinadas (Figura 1C), mortas (Figura 1D) e com mais de uma plântula por semente, indicando a expressão da poliembrionia (Figura 1E), caracterizada em Arruda et al. (2018). Foi anotado também, em até 10 plântulas por parcela, o comprimento da raiz principal e da parte aérea (cm), com auxílio de régua milimetrada. Além disso, determinou-se a massa seca das raízes e da parte aérea (g), obtidas após a secagem em estufa com circulação forçada de ar a 70 ºC até atingir peso constante, sendo posteriormente pesadas em balança de precisão de 0,001 g (SHIMADZU®, modelo AY220).

A partir da coleta dos dados foram calculados: porcentagem de germinação (%G); Índice de Velocidade de Germinação (IVG), calculado de acordo com a fórmula proposta por Maguire em 1962 e descrita em

Ferreira et al. (2021); Tempo Médio de Germinação (TMG), calculado pela fórmula proposta por Labouriau, em 1983, também descrita em Ferreira et al. (2021); porcentagem de plântulas anormais; porcentagem de sementes que expressaram a poliembrionia; porcentagem de sementes não germinadas, mas ainda vivas; porcentagem de sementes mortas; e massa seca total obtida pela soma de massa seca de raízes e da parte aérea.

Figura 1. Plântulas normais (A), plântulas anormais (B), sementes não germinadas (C), sementes mortas (D) e sementes com expressão de poliembrionia de citrumeleiro 'Swingle' semeadas em substrato com diferentes concentrações salinas de NaCl, previamente tratadas ou não com *Azospirillum brasilense*. Jaboticabal-SP, 2025.

Foi realizada análise estatística utilizando o Software AgroEstat (Barbosa & Maldonado Junior, 2015); para presença ou ausência de *A. brasilense*, quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; quando houve significância entre as concentrações salinas, foi realizada a análise de regressão polinomial a fim de verificar o comportamento das variáveis em função do aumento das concentrações salinas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de água das sementes de citrumeleiro 'Swingle' obtido neste estudo foi de 51%. Silva et al. (2011) considera o teor de água de 35% ideal para manter alta a viabilidade das sementes de citrumeleiro 'Swingle' e Gomes Junior (2017) confirmou que a secagem das sementes deste porta-enxerto a 35% realmente proporciona uniformidade e condições de armazenamento favoráveis, no entanto, Von Pinho et al. (2005) relataram que as sementes de citrumeleiro 'Swingle' devem ser armazenadas com 44% de água em câmara frias (10 °C e 50% de Umidade Relativa) em sacos impermeáveis devido ao seu comportamento recalcitrante.

As sementes são classificadas em dois grupos distintos quanto ao potencial de armazenamento: ortodoxas e recalcitrantes. As ortodoxas toleram maior dessecação, mantendo sua viabilidade após a secagem e permanecendo armazenáveis por longos períodos sob baixas temperaturas, ao passo que as recalcitrantes não suportam secagem durante ou após seu desenvolvimento e maturação (Roberts, 1973); existem as sementes

que não se enquadram nessa divisão, apresentando comportamento intermediário (Carvalho et al., 2006). As sementes de citrumeleiro 'Swingle' podem ser consideradas como recalcitrantes (Saipari et al., 1998); assim, o teor de água das sementes deve ser mantido mais alto para que não ocorra perda da viabilidade.

Estudando a germinação de sementes de citrumeleiro 'Swingle' de frutos colhidos verdes (início da safra – 180 dias após a antese – DAA), intermediários (meio da safra – 210 dias após a antese – DAA) e maduros (fim da safra – 240 dias após a antese – DAA) e armazenados (frutos e sementes) em câmara fria (5±2ºC e 85±3% de umidade relativa) por 0, 15, 30 e 45 dias, Morelli et al. (2021) verificaram diferenças no teor de água e na germinação. As maiores porcentagens de germinação foram obtidas quando os frutos verdes e intermediários foram armazenados por 45 dias em câmara fria, 77,65% e 74,57 % de germinação, correspondendo a 50,50% e 48,65% de teor de água, respectivamente. Frutos recém-colhidos apresentaram menor porcentagem de germinação, 32,01% (verde), 44,11% (intermediário) e 49,3% (maduro), com teores de água de 61,38%, 58,39% e 41,74%, respectivamente; neste estudo, portanto, não ficou clara a relação entre o teor de água e a porcentagem de germinação das sementes. Já no estudo realizado por Zucareli et al. (2009), verificou-se que as sementes de citrumeleiro 'Swingle' toleraram a dessecação até 16% de teor de água, com porcentagem de germinação de 79% (sem tegumento) e 50% (com tegumento). Pelo exposto, verifica-se que ainda são poucas e contraditórias as informações sobre o teor de água ideal e letal para as sementes de citrumeleiro 'Swingle'.

A interação entre as concentrações salinas e o tratamento ou não com *Azospirillum brasilense* não foi significativa para o Índice de Velocidade de Germinação (IVG) nem para Tempo Médio de Germinação (TMG). Para ambas as características não houve diferenças entre aplicar ou não *A. brasilense*, no entanto, houve diferenças entre as concentrações salinas com ajuste de regressão cúbica para IVG (Figura 2A), mostrando que as sementes germinaram mais rapidamente na ausência de NaCl e, a partir de 30 mM de NaCl, a germinação já foi mais lenta, e regressão linear para TMG (Figura 2B), mostrando que na ausência de NaCl o tempo médio de germinação foi de 12 dias, aumentando gradativamente até 120 mM de NaCl.

O IVG é um indicador do vigor apresentado pelas sementes, que possibilita demonstrar sua habilidade em germinar em condições adversas (Popinigis, 1977). Assim, conforme pode ser observado neste estudo (Figura 1), a presença de sais afetou negativamente o vigor das sementes de citrumeleiro 'Swingle'.

A interação entre as concentrações salinas e o tratamento ou não com *Azospirillum brasilense* não foi significativa para porcentagem de germinação, a qual se considera as plântulas normais, nem para a porcentagem de plântulas anormais. Para ambas as características não houve diferenças entre aplicar ou não *A. brasilense*, no entanto, houve diferenças entre as concentrações salinas com ajuste de regressão cúbica para porcentagem de germinação (Figura 2C) e para porcentagem de plântulas anormais (Figura 2D).

A porcentagem de germinação das sementes em substratos salinos é um dos métodos mais difundidos para a determinação da tolerância das plantas ao excesso de sais (Silva et al., 2021). A porcentagem máxima de germinação de sementes do citrumeleiro 'Swingle' foi, em média, 64,54% (controle) que diminuiu com o aumento das concentrações salinas, chegando a 8,91% na concentração de 120 mM, sem o tratamento com *A. brasilense*. Sendo assim, o citrumeleiro 'Swingle' não se mostrou tolerante à salinidade durante o processo

germinativo das sementes. Na figura 3, pode-se observar o aspecto geral da germinação nos diferentes tratamentos.

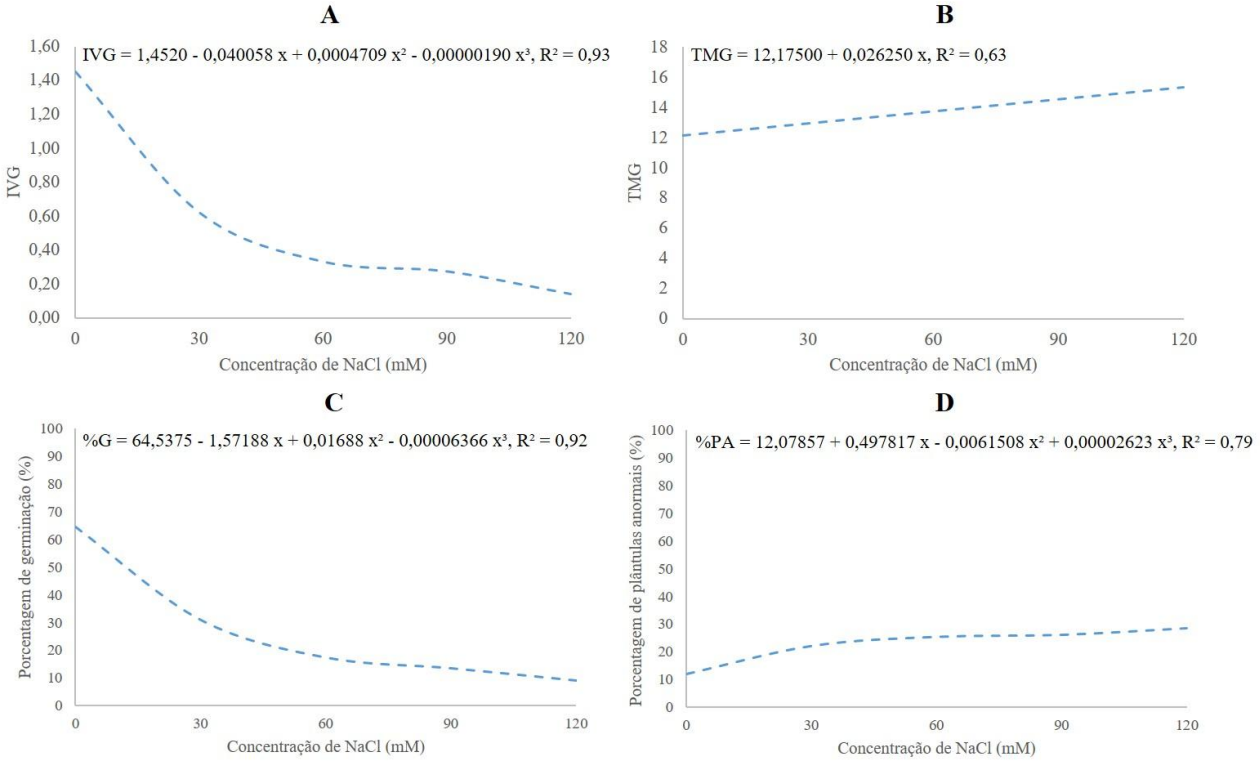

Figura 2. Índice de Velocidade de Germinação – IVG (A), Tempo Médio de germinação – TMG (B), porcentagem de germinação – %G (C) e de plântulas anormais – %PA (D), provenientes de sementes de citrumeleiro 'Swingle' semeadas em substrato com diferentes concentrações salinas de NaCl, previamente tratadas ou não com *Azospirillum brasilense*. Jaboticabal-SP, 2025.

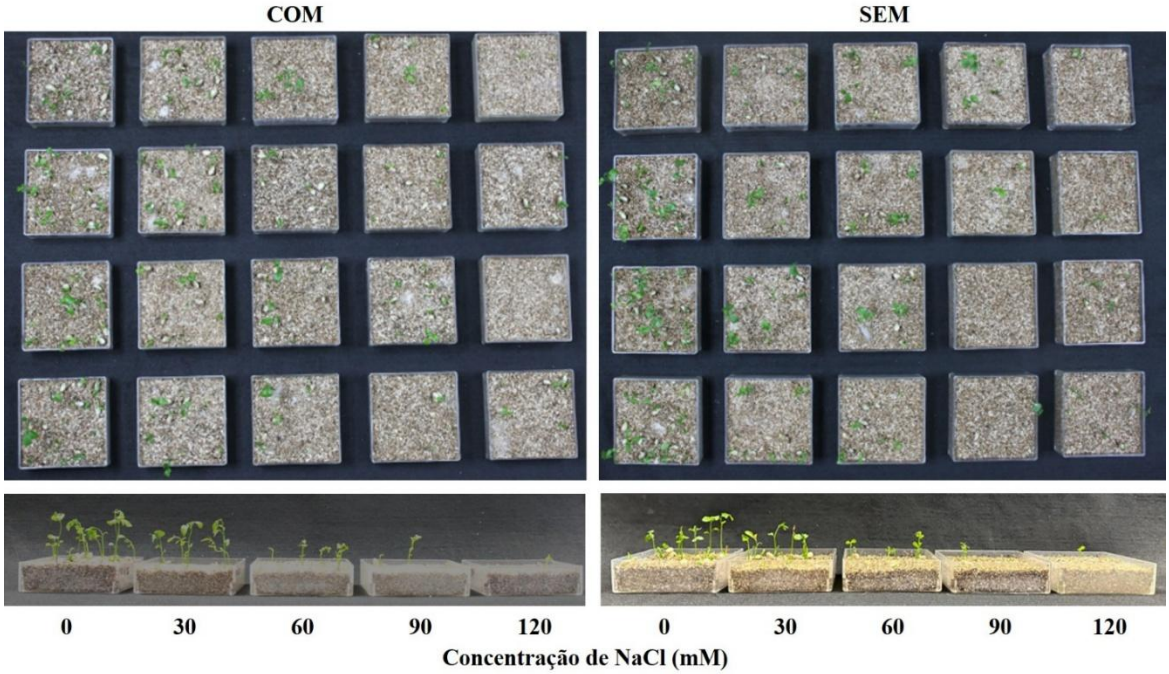

Figura 3. Aspecto de plântulas de citrumeleiro 'Swingle' semeadas em em substrato com diferentes concentrações salinas de NaCl, previamente tratadas (com) ou não (sem) com *Azospirillum brasilense*. Jaboticabal-SP, 2025.

A porcentagem de plântulas anormais aumentou gradativamente com o aumento das concentrações salinas (Figura 2D), que chegou a atingir 30,3%, na concentração de 120 mM, sem tratamento com *A. brasilense*. O aumento da porcentagem de plântulas anormais com o aumento das concentrações salinas também foi verificado por Lima et al. (2025) para as pimentas (*Capsicum chinense*), variedades Biquinho e Bode, que chegaram a atingir, respectivamente, 84% e 86% na concentração de 120 mM. Estes resultados reforçam que a salinidade pode modificar o processo de germinação, ocasionando alterações metabólicas, fisiológicas e anatômicas, que comprometem o desenvolvimento das plântulas, conforme afirmações de Coelho et al. (2017) e Dutra et al. (2017).

Muitas sementes não germinaram e se mantiveram vivas, após a estabilização da germinação por sete dias (Figura 1C), indicando que podem ser sementes duras, que são aquelas que permanecem sem absorver água por um período mais longo que o normal e se apresentam, portanto, no final do teste, com aspecto de sementes recém-colocadas no substrato, isto é, não intumescidas; este fenômeno é motivado pela impermeabilidade do tegumento das sementes à água, sendo, portanto, um tipo de dormência (Brasil, 2025).

Algumas variedades de porta-enxertos de citros têm apresentado problemas de uniformidade de germinação, possivelmente sendo consequência de algum tipo de dormência, devido ao tegumento que envolve as sementes, atuando como uma barreira física à embebição de água e difusão de gases ou, ainda, pela presença, no tegumento, de algum inibidor de desenvolvimento do embrião (Oliveira et al., 2006; Oliveira & Scivittaro, 2007), no entanto, neste estudo, foi feita a retirada prévia do tegumento das sementes de citrumeleiro 'Swingle'.

A falta de germinação pode, ainda, ser explicada pela dormência dessas sementes, caracterizada por sementes viáveis que não germinam mesmo quando submetidas às condições especificadas para a espécie em teste; algumas dessas sementes são capazes de absorver água e intumescer, mas permanecem sem germinar nem apodrecer até o término do teste (Brasil, 2025). Não foram encontradas referências sobre outros tipos de dormência em sementes de citrumeleiro 'Swingle', a não ser a causada pela presença de tegumento. No entanto, o aumento de sementes dormentes pode estar relacionado com mecanismos de dormência secundária, que se instala em sementes quiescentes, após a dispersão, quando estas encontram um ambiente desfavorável ou estressante, neste caso há dessecação (Cardoso, 2004).

Sementes não germinadas, em algumas circunstâncias, também podem ser classificadas como sementes vazias, que são aquelas que estão completamente vazias ou contêm apenas algum tecido residual; sementes sem embrião, que são aquelas que contêm embrião em formação ou tecido gametofítico nas quais não existe, aparentemente, a cavidade embrionária ou o embrião e, ainda, sementes danificadas por insetos, que são as que contêm larvas ou mostram evidências de ataque de insetos afetando a sua capacidade germinativa (Brasil, 2025).

Já as sementes mortas (Figura 1D) são aquelas que no final do teste não germinam, não estão duras nem dormentes e, geralmente, apresentam-se amolecidas e com alteração de cor, atacadas por microrganismos e não apresentam nenhum sinal de início de germinação (Brasil, 2025).

Para essa característica, de sementes não germinadas, e para a porcentagem de sementes mortas, a interação entre as concentrações salinas e o tratamento ou não com *A. brasilense* foi significativa, no entanto, independentemente do tratamento com *A. brasilense*, as menores porcentagens de sementes não germinadas (Figura 4A) e de sementes mortas (Figura 4B) ocorreram na ausência de NaCl.

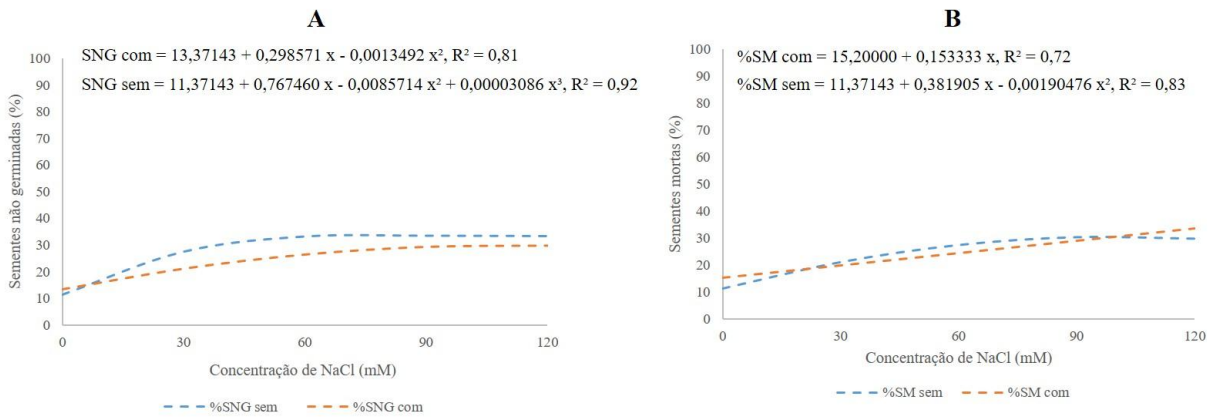

Figura 4. Porcentagem de sementes não germinadas – %SNG (A) e de sementes mortas – %SM (B), de citrumeleiro 'Swingle' semeadas em substrato com diferentes concentrações salinas de NaCl, previamente tratadas (com) e não tratadas (sem) com *Azospirillum brasilense*. Jaboticabal-SP, 2025.

O motivo da alta porcentagem de sementes que não germinaram (Figura 4A) pode ser devido à lentidão na germinação das sementes de citrumeleiro 'Swingle'; conforme preconizam Rodrigues et al. (2010), o processo de germinação de sementes dos porta-enxertos citrumeleiro 'Swingle' e 'Flying Dragon' necessita de 60 dias; podendo ser potencializado pela presença de sais no substrato.

Analisando a morfologia interna de sementes de citrumeleiro 'Swingle', por meio de testes de raios x, Arruda et al. (2018) observaram que embriões malformados e tecidos deteriorados, quando localizados na parte inferior das sementes, resultaram em plântulas anormais ou sementes mortas. Esta observação pode justificar o aumento da porcentagem de sementes anormais (Figura 1D) e mortas (Figura 4B), à medida que houve aumento das concentrações salinas.

A taxa de porcentagem de expressão da poliembrionia das sementes (Figura 2E) foi baixa, em média 4%, e a interação entre as concentrações salinas e o tratamento ou não com *A. brasilense* não foi significativa, bem como, para os fatores isolados. Essa baixa porcentagem pode ter ocorrido devido à possibilidade de a germinação ainda evoluir até os 60 dias, conforme preconizaram Rodrigues et al. (2010), já que essa porcentagem normalmente é mais alta; Arruda et al. (2018) verificaram que a porcentagem de poliembrionia

em diferentes lotes de citrumeleiro ‘Swingle’ variou de 7 a 24%; para o mesmo porta-enxerto, Carvalho e Silva (2013) verificaram porcentagem média de 18,84%; já Guerra et al. (2012) relataram que as sementes de citrumeleiro ‘Swingle’ apresentam número médio de plântulas por semente de 3,1 e taxa de poliembrionia de 94%. Moreira et al. (2010), no entanto, explicam que, na literatura, existem diversos resultados para número médio de plântulas por sementes e taxa de expressão da poliembrionia e essas variáveis são influenciadas por fatores ambientais, nutrição das planas, cultivar, forma de polinização e variedade polinizadora.

Os porta-enxertos de citros são obtidos a partir de sementes poliembrionárias, nas quais se desenvolvem tanto o embrião zigótico, oriundo da fecundação entre gametas, quanto os embriões nucelares, formados assexuadamente a partir do tecido nucelar materno. As mudas nucelares são desejáveis, pois são isentas de doenças e geneticamente idênticas à planta-mãe (Moreira et al., 2010; Arruda et al., 2018).

A interação entre as concentrações salinas e o tratamento ou não com *A. brasilense* não foi significativa para comprimento da raiz primária nem para comprimento da parte aérea. Para ambos, houve diferenças entre as concentrações salinas com ajuste de regressão linear negativa (Figura 5A).

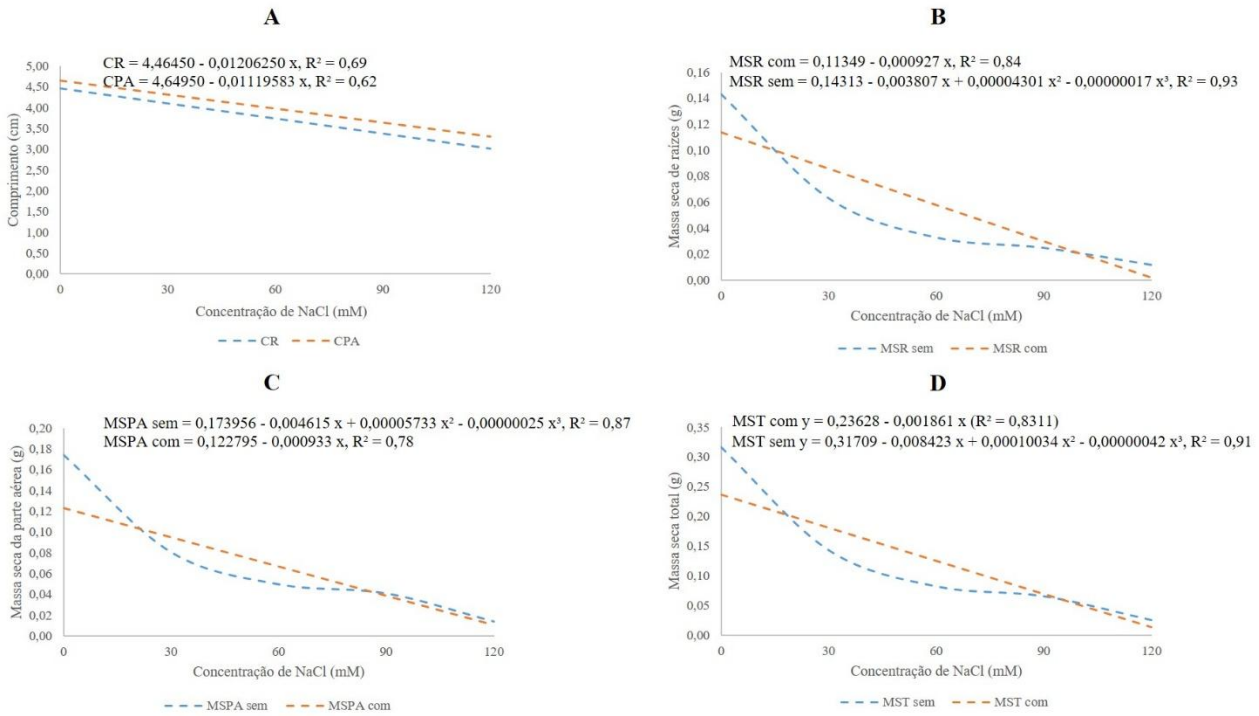

Figura 5. Comprimento da raiz primária – CR e da parte aérea – CPA (A), em cm, massa seca de raízes – MSR (B), da parte aérea – MSPA (C) e total – MST (D) de plântulas do citrumeleiro ‘Swingle’ em substrato com diferentes concentrações salinas de NaCl, previamente tratadas (com) ou não tratadas (sem) com *Azospirillum brasilense*. Jaboticabal-SP, 2025.

Os danos provocados pelo aumento de sais podem ter comprometido o balanço osmótico nas raízes, resultando em alterações na permeabilidade das membranas e na estabilidade celular, com consequente redução no crescimento radicular, conforme observado por Soares et al. (2024) em sementes de alface (*Lactuca sativa*).

Para massa seca de raízes, da parte aérea e total, a interação entre as concentrações salinas e o tratamento ou não com *A. brasilense* foi significativa, no entanto, independentemente do tratamento com *A. brasilense*, as maiores médias de massa seca de raízes (Figura 5B), massa seca da parte aérea (Figura 5C) e massa seca total (Figura 5D) foram observadas na ausência de NaCl e diminuíram com o aumento das concentrações salinas.

A presença de altos níveis de salinidade no solo ou no substrato afeta a germinação de sementes, pois teores elevados de sais solúveis, especialmente o NaCl, podem causar redução do potencial hídrico do substrato, diminuindo a capacidade de absorção de água pelas sementes, inibindo a germinação devido aos efeitos osmóticos e tóxicos do sal (Silva et al., 2021), consequentemente, também afeta as fases posteriores do desenvolvimento das plântulas.

Os resultados obtidos neste estudo mostraram, portanto, que o citrumeleiro 'Swingle' não é tolerante à salinidade promovida por NaCl, durante o processo germinativo das sementes. Chetto et al. (2025) avaliaram a tolerância de nove porta-enxertos de citros à salinidade também promovida por NaCl e verificaram que o citrumeleiro 'Swingle' mostrou maior sensibilidade à salinidade juntamente com a tangerineira 'Changsa'.

A resposta ao estresse salino induzido por NaCl, em brotos de citrumeleiro 'Swingle' cultivados *in vitro*, foi estudada por Eatshan et al. (2025), que verificaram uma diminuição significativa nos indicadores de crescimento (número de brotações, comprimento dos brotos e percentual de massa seca) com o aumento das concentrações salinas, evidenciando, mais uma vez, que esse porta-enxerto não é tolerante ao estresse salino. No entanto, observaram que a adição do regulador de crescimento benziladenina (BA) ao meio nutritivo aumentou os indicadores de crescimento.

Semelhante ao citrumeleiro 'Swingle', a arbórea pimenta-rosa (*Schinus terebinthifolius*) também não foi tolerante a nenhuma concentração de NaCl durante o processo germinativo das sementes (Braga et al., 2024), assim como a pimenta (*C. chinense*) 'Bode' (Lima et al., 2025); em ambas as pesquisas, também foram testadas as concentrações de 30, 60, 90 e 120 mM.

No entanto, várias espécies desenvolveram mecanismos que lhes garantem a sobrevivência em ambientes com concentrações salinas mais altas (Arif et al., 2020), se mostrando tolerantes à salinidade como as forrageiras *Festuca arundinacea* e *Phleum pratense* (Sharavdorj et al., 2021), a arbórea jacarandá-caroba (*Jacaranda brasiliana*) (Braga et al., 2024), as palmeiras *Carpentaria acuminata* e *Ptychosperma elegans* (Batista et al., 2016), a palmeira-triângulo (*Dypsis decary*) (Vieira et al., 2023) e a palmeira jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) (Souza et al., 2024), além da pimenta (*C. chinense*) 'Biquinho' que foi tolerante até 30 mM de NaCl (3,31 dS m^{-1}) (Lima et al., 2025).

Plantas em associação com cepas de *Azospirillum* spp. podem apresentar maior tolerância aos estresses salino e hídrico (Bashan et al., 2004). Esse efeito já foi relatado em plantas de milho, no qual Checchio et al. (2021) observaram que *A. brasilense* pode conferir tolerância ao estresse salino por meio do aumento das respostas antioxidantes, principalmente das enzimas GSH-PX e GPOX, além do acúmulo do osmólito glicina betaína nas células vegetais. Analogamente, sementes de soja inoculadas com essa rizobactéria apresentaram melhor desenvolvimento inicial de plântulas e tolerância ao estresse salino na concentração de -0,3 MPa de NaCl (Alves Junior et al., 2024).

O tratamento das sementes de citrumeleiro 'Swingle' com a rizobactéria *A. brasilense*, de modo geral, não foi eficiente em atenuar os efeitos negativos da salinidade promovida por NaCl. No entanto, demonstrou moderada influência atenuadora do estresse na quantificação das massas secas (radicular, aérea e total) nas concentrações de 30 a 90 mM de NaCl (Figuras 5B, C e D).

A moderada eficiência atenuadora de *A. brasilense* em sementes de citrumeleiro 'Swingle' pode estar relacionada a fatores como a cepa microbiana utilizada, a forma de aplicação, as condições ambientais, como temperatura e umidade, onde o experimento foi conduzido e, sobretudo, à interação da bactéria com a espécie vegetal estudada e com o substrato empregado (Campos et al., 2023).

As condições que podem interferir no equilíbrio e na dinâmica da vida microbiana de *Azospirillum* spp. são múltiplas e apresentam caráter abrangente, refletindo a complexidade dos ecossistemas nos quais os microrganismos estão inseridos. Os fatores de natureza abiótica, entre os quais se destacam a temperatura, a disponibilidade e a qualidade das fontes de nutrientes, o pH do meio, a salinidade, a presença e o tipo de fontes de energia, bem como a ocorrência de compostos potencialmente tóxicos ou inibidores, exercem papel determinante no crescimento, na sobrevivência e na expressão metabólica das populações microbianas (Schaefer et al., 2024).

Paralelamente, os fatores bióticos, representados tanto pelas características genéticas intrínsecas de cada microrganismo, as quais condicionam sua plasticidade adaptativa e capacidade de resposta a estresses ambientais, quanto pelas interações estabelecidas com outras espécies, sejam elas competitivas, mutualísticas ou antagonistas, configuram elementos fundamentais que moldam a estrutura, a diversidade e a funcionalidade da comunidade microbiana (Pedrinho et al., 2024).

CONCLUSÃO

O citrumeleiro 'Swingle' não é tolerante à salinidade promovida por NaCl e que o tratamento das sementes com a rizobactéria *Azospirillum brasilense*, cepas AbV5 e AbV6, via imersão por 5 minutos, não foi eficiente em atenuar os efeitos negativos da salinidade promovida por NaCl, durante o processo germinativo.

REFERÊNCIAS

Ahmad, P.; & Sharma, S. (2008) Salt stress and phyto-biochemical responses of plants. *Plant Soil Environment*, 54(3), 89–99.

Alves Júnior, J. B. G., Lima, J. J. P., Costa, E. M., Rocha, L. B., & Oliveira, A. P. N. (2024) Does *Azospirillum brasilense* promote salt stress tolerance during the germination of soybean seeds? *Revista de Gestão e Secretariado*, 15(12), 01-14.

Araújo, P. O. L. C., Gonçalves, F. C., Ramos, J. D., Chalfun, N. N. J., & Carvalho, G. J. (2007) Crescimento e percentual de emergência de plântulas de citrumeleiro 'Swingle' em função dos substratos e das doses de corretivo à base de *Lithothamnium*, após cem dias da semeadura. *Ciência Agrotécnica*. 31(4).

Arif, Y., Singh, P., Siddiqui, H., Bajguz, A., & Hayat, S. (2020) Salinity induced physiological and biochemical changes in plants: An omic approach towards salt stress tolerance. *Plant Physiology and Biochemistry*, 156(11), 64-77.

Arruda, N., Cicero, S. M., & Gomes Junior, F. G. (2018) Radiographic analysis for the evaluation of polyembryony in Swingle citrumelo seeds. Journal of Seed Science, 40(2), 118-126. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v40n2175172

Barbosa, J. C., & Maldonado Júnior, W. (2015) *AgroEstat* - sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos - versão 1.1.0.711. Jaboticabal: UNESP, 396 p.

Bashan, Y., Holguin, G., & Bashan, L. E. (2004) *Azospirillum* plant relations physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). *Canadian Journal of Microbiology*, 50, 521 577.

Batista, G. S., Mazzini-Guedes, R. B., Pivetta, K. F. L., Pritchard, H. W., & Marks, T. (2016) Seed desiccation and salinity tolerance of palm species *Carpentaria acuminata*, *Dypsis decaryi*, *Phoenix canariensis* and *Ptychosperma elegans*. *Australian Journal of Crop Science*, 10(12), 1630-1634.

Braga, A. C., Santos, M. M., Silveira, M. M., Campos, T. S., Souza, A. M., B., & Pivetta, K. F. L. (2024) Caroba-tree and Brazilian peppertree germinative response to salinity stress and application of salicylic acid. *Ornamental Horticulture*, 30, 1-5.

Brasil. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Secretaria de defesa agropecuária. *Regras para análise de sementes*. 2025. Disponível em < Cap. 01 "Amostragem" rev. 1.2 | Manuais da SDA >

Campos, T. S., Patricio, M. P., Vieira G. R, Souza, A. M. B., Santos, C. H. B., Rigobelo, E. C., & Pivetta, K. F. L. (2023) Rhizobacteria in growth and quality of açaí seedlings. *Ornamental Horticulture*, 29(2), 210-217. DOI: https://doi.org/10.1590/2447-536X.v29i2.2596

Cardoso, V. J. M. (2004) Dormência: estabelecimento do processo. In: Ferreira, A. G; Borghetti, F. (Org.). *Germinação*: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artimed, 95-108.

Carvalho, S. A., & Silva, L. F. (2013) Monitoring the viability of citrus rootstocks seeds stored under refrigeration. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35(1), 238-245. DOI: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452013000100027

Carvalho, L. R., Silva, E. A. A., & Davide, A. C. (2006). Classificação de sementes florestais quanto ao comportamento no armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*, 28(2), 15-25.

Carvalho, S. A., Girardi, E. A., Mourão Filho, F. A. A., Ferrarezi, R. S., & Della Coletta Filho, H. (2019) Advances in citrus propagation in Brazil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 41(6), e-422. DOI: http://dx.doi.org /10.1590/0100-29452019422

Checchio, M. V., Alves, R.C., Oliveira, K. R., Moro, G. V., Santos, D. M. M., & Gratão, P. L. (2021) Enhancement of salt tolerance in corn using *Azospirillum brasilense*: an approach on antioxidant systems. *Journal of Plant Research*, 134, 1279-1289.

Chetto, O., Chetto, A., & Benyahia, H. (2025) Evaluation de tolérance de nouveaux porte-greffes hybrides d'agrumes vis-à-vis de la salinité. African & Mediterranean gricultural Journal, 146, 45-55. DOI: https://doi.org/10.34874/IMIST.PRSM/afrimed-i146.51817

Coelho, D. S., Silva, J. A. B., Nascimento, R. L., Costa, J. D. S., & Seabra, T. X. (2017) Germinação e crescimento inicial de variedades de feijão caupi submetidas a diferentes concentrações salinas. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 12(2), p. 261-266.

Dutra, T. R., Massad, M. D., Moreira, P. R., & Ribeiro, E. S. M. (2017) Efeito da salinidade na germinação e crescimento inicial de plântulas de três espécies arbóreas florestais. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 37(91), 323-330.

Eatshan, K. M., AL-Shareefi, M. J. H., & Jawad, D. H. (2025) Impact of the growth regulator B.A in salt stress tolerance of Swingle Citrumelo Citrus rootstock shoots 'in vitro'. Euphrates Journal of Agricultural Science, 17(1), 893-901.

FAO, Food and Agriculture Organization (2025). *Markets and Trade*. Citros. Available at: https://www.fao.org/Citrus | Markets and Trade | Food and Agriculture Organization of the United Nations Accessed on: Ago 15, 2025.

Ferreira, K. B., Souza, A. M. B., Muniz, A. C. C., & Pivetta, K. F. L. (2021) Germination of palm seeds under periods of rehydration. *Ornamental Horticulture*, 27(4), 446-452.

Figueiredo, J. O., Stuchi, E. S., Laranjeira, F. F., Donadio, L. C., Teofilo Sobrinho, J., Sempionato, O. R., & Muller, G. W. (2001). Porta-enxertos para lima ácida 'Tahiti' em duas regiões do Estado de São Paulo. *Laranja*, 22, 203-213.

Fukami, J., Cerezini, P., & Hungria, M. (2018) *Azospirillum*: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. *AMB Express*, 8(1), 1-12.

Girardi, E. A., Sola, J. G. P., Scapin, M. S., Moreira, A. S., Bassanezi, R. B., Ayres, A. J. & Peña, L. (2021). The perfect match: adjusting high tree density to rootstock vigor for improving cropping and land use efficiency of sweet orange. *Agronomy*, 11, 2569. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy11122569

Gomes-Junior, F. G., Arruda, N., & Marcos-Filho, J. (2017). Swingle citrumelo seed vigor and storability associated with fruit maturity classes based on RGB parameters. *Scientia Agricola*, 74(5), 357-363.

Guerra, D.; Schifino-Wittmann, M. T.; Schwarz, S. F.; Souza, P. V. D., & Weiler, R. L. (2012) Caracterização morfológica, determinação do número de embriões e taxa de poliembrionia em três porta-enxertos híbridos de citros. *Bragantia*, 71(2), 196-201.

Hopmans, J. W., Qureshi, A.S., Kisekka, I., Munns, R., Grattan, S.R., Rengasamy, P., Ben-Gal, A., Assouline, S., Javaux, M., Minhas, P.S., Raats, P.A.C., Skaggs, T. H., Wang, G., Quirijn, J. L., Jiao, H., Lavado, R.S., Lazarovitch, N., Li, B., & Taleisnik, E. (2021) Chapter One - Critical knowledge gaps and research priorities in global soil salinity. *Advances in Agronomy*, 169, 1-191. DOI: https://doi.org/10.1016/bs.agron.2021.03.001

Hungria, M.; Campo, R. J.; Souza, E. M.; & Pedrosa, F. O. (2010) Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. *Plant and Soil*, 331(1), 413-425.

Katerji, N., Van Hoorn, J. W., Hamdy, A., & Mastrorilli, M. (2000) Salt tolerance classification of crops according to soil salinity and to water stress day index. *Agricultural Water Management*, 43(1), 99–109. DOI: https://doi.org/10.1016/S0378-3774(99)00048-7

Lima, M. C., Queiroz, G. L., Andrade, A. S., Braga, A. C., Campos, T. S., Souza, A. M., B., Muniz, A. C., & Pivetta, K. F. L. (2025) Saline stress and salicylic acid effects on germination and vigor of 'Biquinho' and 'Bode' pepper cultivars. *Revista Ciência Agronômica* (no prelo).

Milner, L. (2002) Manejo de irrigação e fertirrigação em substratos. In: Furlani, A. M. C.; Bataglia, O. C.; Abreu, C. A.; Furlani, P. R.; Quaggio, J. A.; Minami, K. *Caracterização, manejo e qualidade de substratos para a produção de plantas*. Campinas: Instituto Agronômico, 45-51. (IAC. Documentos, 70).

Moreira, R. A., Ramos, J. D, & Cruz, M. C. M. (2010) Caracterização de frutos e poliembrionia em sementes de 'Flying Dragon' e de híbridos de porta-enxerto de citros. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32(2).

Morelli, M., Azevedo, F. A., Souza, A. J. B., Martinelli, R., & Conceição, P. M. (2021) Physiological Quality of Swingle Citrumelo Seed after Refrigerated Storage of Fruits and Seeds. *Agriculture*, 11, 1243. DOI: https://doi.org/10.3390/agriculture 11121243

Nascimento, E. C. S.; Souza, A. R.; Nascimento, R.; Silva, A. A. R.; Bezerra, C. V. C.; Lima, R. F.; Guimarães, R. F. B; & Batista, M. C. (2023) Coinoculation with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense* in cowpea under salt stress. *Brazilian Engineering Magazine Agricultural and Environmental***,** 27(1), p. 3-8.

Oliveira, A. O.; Costa, A. C. P. R.; & Zucareli, V. (2024) Inoculação com *Azospirillum brasilense*, *Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* em sementes de milho. *Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental*, 13(1), 105-126.

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.

Oliveira, R. P., Scivittaro, W. B., & Radmann, E. B. (2006). Escarificação química da semente para favorecer a emergência e o crescimento do porta-enxerto Trifoliata. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41(9), 1429-1433.

Pedrinho, A., Mendes, L. W., Rêgo Barros, F. M., Bossolani, J. W., Kühn, T. N., Quecine, M. C., & Andreote, F. D. (2024) The interplay between *Azospirillum brasilense* and the native bacterial communities in the soil and rhizosphere of maize (*Zea mays* L.). *Soil Biology and Biochemistry*, 189, 109292.

Popinigis, F. (1977) *Fisiologia da semente*. Brasília: AGIPLAN/BID. 288p.

Portaria CDA - 14, de 13/03/2023. Disponível em < Legislação: Portaria CDA - 14, de 13/03/2023 | Defesa Agropecuária do Estado de São Paulo>. Acesso em 25 de agosto de 2025.

Rezende, L. P., Amaral, A. M., Carvalho, S. A., & Souza, M. (1995) Volume de substrato e superfosfato simples na formação do limoeiro 'Cravo' em vasos. I. Efeitos no crescimento vegetativo. *Laranja*, 16(2), 155-164.

Roberts, E. H. (1973). Predicting the storage life of seeds. *Seed Science and Technology*, 1(3), 499-514.

Rodrigues, F. A., Freitas, G. F., Moreira, R. A., & Pasqual, M. (2010) Characterization of fruits and seeds germination of rootstock trifoliata 'Flying Dragon' and citrumelo 'Swingle'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32, 1180-1188.

Saipari, E., Goswami, A. M., & Dadlani, M. (1998). Effect of seed drying on germination behavior in citrus. *Scientia Horticulturae*, 73, 185-190.

Santos, P. C. M. (2015) *Phytophthora nicotianae*: ação de meios de cultura e da qualidade da luz no crescimento e esporulação e aspectos fisiológicos e bioquímicos da interação com porta-enxertos cítricos. 2015. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Schaefer, P. E., Tabaldi, L. A., Müller, T. M., Ribeiro, L. P., & Martin, T. N. (2024) Development of maize under different pH values, humidity and presence of *Azospirillum brasilense*. *Brazilian Journal of Biology*, 84.

Sharavdorj, K., Jang, Y., Byambadorj, S., & Cho, J. (2021) Understanding seed germination of forage crops under various salinity and temperature stress. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 24, 545–554. DOI: https://doi.org/10.1007/s12892-021-00101-9

Silva, E. C., Silva, L. S., Galvão, C. S., Ferreira, N. C. F., Masiero, M. A., Oliveira, L. A. B., Reis, W., & Menechini, W. (2021). Qualidade fisiológica de sementes de feijão mungo submetidas ao estresse salino. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, 11(1), 207-212. DOI: https://doi.org/10.21206/rbas.v11i1.12709

Silva, E. F. F., Duarte, S. N., & Coelho, R. D. (1999) Salinização dos solos cultivados sob ambientes protegidos no Estado de São Paulo. In: Folegatti, M. V. (Ed). *Fertirrigação*: citros, flores, hortaliças. Guaíba: Agropecuária, p.267-277.

Silva, L. N., Vitória, M. F., Moreira, A. S., Girardi, E. A., & Stuchi, E. S. (2025) IAC 1711 Citrandarin, tetraploid citranges and Flying Dragon trifoliate as potential graft-compatible rootstocks for Pera IAC sweet orange tree. *Bragantia*, 84, e20240094. DOI: https://doi.org/10.1590/1678-4499.20240094

Silva, P. A. K. X. M. (2020) Temperatura ideal de germinação para sementes de citrumeleiro 'Swingle'. *Scientia Tec*, 7(3), 59-68.

Silva, T. T. A., Guimarães, R. M., von Pinho, E. V. R., & Abreu, L. A. S. (2011). Storage of 'Swingle' citrumelo seeds in different maturation stages subjected to fungicide treatment. *Revista Brasileira de Sementes*, 33,768-776.

Soares, L. G. J., Almeida, B. B., Barbosa, L. H. P., & Bohm, F. M. L. (2024) Estresse salino e tratamento com ácido salicílico em sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) de origem orgânica e convencional. *Luminária*, 26(1), 12-21.

Souza, A. M. B., Campos, T. S., Vieira, G. R., Silveira, M. M., Braga, A. C., Patricio, M. P. Mazzini-Guedes, R. B., Ferraz, M. V., & Pivetta, K. F. L. (2024) Germination performance of *Syagrus romanzoffiana* seeds subjected to water and salt stress. *Semina: Ciências Agrárias*, 45(5), 1563-1578. DOI: 10.5433/1679-0359.2024v45n5p1563

Teófilo Sobrinho, J., Pompeu Junior, J., & Figueiredo, J. O. (1991). Comportamento de três variedades comerciais de laranjas enxertadas sobre o citrumelo 'Swingle'. *Laranja*, 12, 487-502.

USDA United States Department of Agriculture (2023). Citrus: World Markets and Trade. USDA. Available at: https://citrusindustry.net/ wp-content/uploads/2024/01/Citrus-Annual_Brasilia_Brazil_BR2023-0036.pdf. Accessed on: Ago, 15, 2025.

Vieira, G. R., Souza, A. M. B., Campos, T. S., & Pivetta, K. F. L. (2023) Germination of *Dypsis decaryi* seeds under salt stress. *Semina: Ciências Agrárias*, 44(3), 945-956. DOI: 10.5433/1679-0359.2022v44n3p945

Vitória, M. F., Silva, L. N., Moreira, A. S., Stuchi, E. S., & Girardi, E. A. (2024) Horticultural performance and huanglongbing impact on rainfed Valencia sweet orange grafted onto 16 rootstock genotypes. *Bragantia*, 83, e20230153. DOI: https://doi.org/10.1590/1678-4499.20230153

Von Pinho, E. V. R., Silva, T. T. A., Carvalho, J. A., Oliveira, J. A., & Guimarães, R. M. (2005) Conservação de sementes de citrumelo 'Swingle'. *Revista Brasileira de Armazenamento*, 30, 178-185.

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.