



ANTONIO RODRIGUES DA CUNHA NETO

**REAÇÕES AO ESTRESSE PÓS-COLHEITA EM
INFLORESCENCIAS DE BASTÃO-DO-IMPERADOR**

**LAVRAS – MG
2022**

ANTONIO RODRIGUES DA CUNHA NETO

**REAÇÕES AO ESTRESSE PÓS-COLHEITA EM INFLORESCENCIAS DE BASTÃO-
DO-IMPERADOR**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do Título de Doutor.

Dra. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva
Orientadora

Dra. Michele Valquíria dos Reis
Coorientadora

**LAVRAS - MG
2022**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Cunha Neto, Antonio Rodrigues da.

Reações ao estresse pós-colheita em inflorescências de bastão-
do-imperador / Antonio Rodrigues da Cunha Neto. - 2022.

98 p.

Orientador(a): Patrícia Duarte de Oliveira Paiva.

Coorientador(a): Michele Valquíria dos Reis.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. Floricultura. 2. Pós-colheita. 3. Fisiologia vegetal. I. Paiva,
Patrícia Duarte de Oliveira. II. Reis, Michele Valquíria dos. III. Título.

ANTONIO RODRIGUES DA CUNHA NETO

**REAÇÕES AO ESTRESSE PÓS-COLHEITA EM INFLORESCENCIAS DE
BASTÃO-DO-IMPERADOR**

**REACTIONS TO POSTHARVEST STRESS IN TORCH GINGER
INFLORESCENCES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do Título de Doutor.

APROVADA em 23 de fevereiro de 2022.

Dra. Márkilla Zunete Beckmann-Cavalcante UNIVASF

Dra. Vivian Loges UFRPE

Dra. Simone Novaes Reis EPAMIG

Dra. Ângela Maria Pereira do Nascimento EPAMIG

Profa. Dra. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva
Orientadora

Profa. Dra. Michele Valquíria dos Reis
Coorientadora

**LAVRAS - MG
2022**

*Dedico esta conquista a minha família e amigos que me acompanharam no encerramento
deste ciclo.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, especialmente aos meus pais Marcos e Isis pelo apoio que sempre tive. Ao Carlos pelo companheirismo e paciência neste momento que escolhemos para crescer juntos.

Agradeço as professoras Dra. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva e Dra. Michele Valquíria dos Reis pela orientação, cuidado e compreensão durante esta caminhada. A todos os professores dos programas de Fitotecnia, Fisiologia vegetal e Estatística que conduziram as disciplinas, mesmo neste momento de pandemia, com excelência e alcançando o objetivo da construção do conhecimento.

Ao setor de Sementes que, na figura da professora Heloisa e do responsável Geraldo, nos auxiliaram no desenvolvimento deste trabalho e sempre estiveram de portas e braços abertos para qualquer situação. Aos funcionários, especialmente a Marli, Sr. Antonio e o Marcio, que sempre estiveram presentes fazendo o possível para nos ajudar.

Aos amigos do NEPAFLOR, Horto Botânico e LCTP que sempre estiveram presentes em todos os momentos. Aos amigos de Alfenas e Lavras que estiveram comigo desde o início e agora encerramos juntos esta etapa de vida.

A Universidade Federal de Lavras - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia por fazer parte da minha formação. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) e com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (processos nº 421765/2018-6 e nº 144359/2019-7).

“Aqueles que contemplam a beleza da terra, encontram reservas de força que irão perdurar enquanto a vida durar. Há algo infinitamente curativo nos refrãos repetidos da natureza: a garantia de que o amanhecer vem depois da noite e a primavera depois do inverno. ”

(Rachel Carson)

RESUMO

As flores necessitam de manejo adequado para as práticas pós-colheita com o objetivo de manter a qualidade, permitindo que tenham um tempo de vida útil satisfatório. Para isso, técnicas são desenvolvidas para postergar a senescência das hastes florais. Para aumentar a durabilidade das hastes florais são utilizadas soluções conservantes, além de adequada hidratação, controle do ambiente de armazenamento, além do uso de tecnologias de revestimento. Com isso, objetivou-se avaliar a qualidade e fisiologia de hastes de *Etlingera elatior* pós-colheita resultante dos tratamentos com pulsing em diferentes concentrações, de condicionamento a seco e temperaturas de armazenamento. Para a realização dos experimentos, hastes de bastão-do-imperador foram colhidas, higienizadas e padronizadas. O pulsing foi realizado dispondo as hastes em solução de sacarose nas concentrações de 0%; 15%; 20%; 25%. Em relação ao teste de condicionamento, as hastes foram mantidas a seco por 0h; 3h; 6h; 12h; 24h, após este período, transferidas para recipientes com solução de pulsing por 24h e, posteriormente, mantidas em água. Por fim, o teste de temperatura consistiu no armazenamento das hastes nas temperaturas de 8 °C; 12 °C; 16 °C; 20 °C e 24 °C. A cada 3 dias foram avaliados a qualidade visual, taxas de absorção e teores de água, massas frescas e secas e os parâmetros de cor. Para as avaliações bioquímicas foram analisados o conteúdo de carotenoides e antocianinas, peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e peroxidação lipídica, enzimas do sistema antioxidante e reservas de proteínas e açúcares. O pulsing com 20% e 25 % de sacarose acelerou o surgimento das flores verdadeiras, aumentou a taxa de absorção e massa fresca das hastes, além de ter sido observado aumento na peroxidação lipídica e das reservas de proteína e açúcares. As hastes de bastão-do-imperador não apresentaram expressão das enzimas SOD e CAT. Dentre as concentrações testadas, recomenda-se a realização do pulsing com 15% de sacarose pois favoreceu a qualidade visual até o 9º dia pós-colheita. O condicionamento a seco por período superior a 12h não é recomendando pois resultou na perda de qualidade e durabilidade, além de adiantar o processo de senescência para as hastes do bastão-do-imperador, uma vez que após este período é evidenciado a redução na taxa de absorção e quebra de pigmentos. Além disso, foi evidenciado o aumento de H₂O₂ e da peroxidação lipídica, e do consumo de reservas de açúcares e proteína. A recomendação é que as hastes sejam imediatamente hidratadas após a colheita. As hastes armazenadas em 8 °C mantiveram as reservas por mais tempo e também induziram a produção de espécies reativas de oxigênio, entretanto, causaram injúrias descaracterizando as hastes e reduzindo a qualidade. As hastes armazenadas em 12 °C absorveram mais água quando comparadas com as armazenadas em 8 °C, mantendo por mais tempo a qualidade. Temperaturas mais altas de armazenamento aceleraram o aparecimento das flores verdadeiras, aumentaram o consumo das macromoléculas reduzindo a durabilidade das hastes. O armazenamento das hastes de bastão-do-imperador deve ser realizado nas temperaturas entre 12 °C e 16 °C uma vez que apresentam por mais tempo maior qualidade para comercialização. Pelas análises realizadas foi possível evidenciar o efeito dos tratamentos e condições de armazenamento nos aspectos fisiológicos e bioquímicos de bastão-do-imperador.

Palavras-chave: *Etlingera elatior*; pulsing; armazenamento; durabilidade; qualidade

ABSTRACT

Flowers need proper management for post-harvest practices in order to maintain quality, allowing them to have a satisfactory shelf life. For this, techniques are developed to delay the senescence of flower stems. To increase the durability of flower stems, preservative solutions are used, in addition to adequate hydration, control of the storage environment, in addition to the use of coating technologies. Thus, the objective was to evaluate the quality and physiology of post-harvest *Etilingera elatior* stems resulting from pulsing treatments at different concentrations, dry conditioning and storage temperatures. To carry out the experiments, torch ginger stems were harvested, sanitized and standardized. Pulsing was performed by placing the stems in a sucrose solution at concentrations of 0%; 15%; 20%; 25%. Regarding the conditioning test, the stems were kept dry for 0h; 3h; 6h; 12h; 24h, after this period, transferred to recipients with pulsing solution for 24h and, later, kept in water. Finally, the temperature test consisted of storing the stems at temperatures of 8 °C; 12 °C; 16 °C; 20 °C and 24 °C. Every 3 days, visual quality, absorption rates and water contents, fresh and dry masses and color parameters were evaluated. For the biochemical evaluations, the content of carotenoids and anthocyanin, hydrogen peroxide (H₂O₂) and lipid peroxidation, enzymes of the antioxidant system and protein and sugar reserves were analyzed. Pulsing with 20% and 25% sucrose accelerated the emergence of true flowers, increased the absorption rate and fresh mass of the stems, in addition to having observed an increase in lipid peroxidation and in protein and sugar reserves. Torch ginger stems did not show expression of SOD and CAT enzymes. Among the concentrations tested, pulsing with 15% sucrose is recommended as it favored visual quality until the 9th day post-harvest. Dry conditioning for a period longer than 12 hours is not recommended as it resulted in a loss of quality and durability, in addition to advancing the senescence process for the torch ginger stems, since after this period a reduction in the absorption and breakage rate is evidenced of pigments. In addition, an increase in H₂O₂ and lipid peroxidation, as well as in the consumption of sugar and protein reserves, was evidenced. The recommendation is that the stems are immediately hydrated after harvesting. Stems stored at 8 °C maintained the reserves longer and also induced the production of reactive oxygen species, however, they caused injuries by mischaracterizing the stems and reducing quality. Stems stored at 12 °C absorbed more water when compared to those stored at 8 °C, maintaining quality for longer. Higher storage temperatures accelerated the appearance of true flowers, increased the consumption of macromolecules, reducing the durability of the stems. The storage of torch ginger stems should be carried out at temperatures between 12 °C and 16 °C since they have a higher quality for commercialization for a longer time. Through the analyzes carried out, it was possible to evidence the effect of treatments and storage conditions on the physiological and biochemical aspects of torch ginger.

Keywords: *Etilingera elatior*; pulsing; storage; durability; quality

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE.....	12
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1. Floricultura tropical.....	14
2.2. <i>Etilingera elatior</i>	14
2.3. Condicionamento e armazenamento pós-colheita.....	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	18
SEGUNDA PARTE – ARTIGOS.....	21
ARTIGO 1 - Efeitos fisiológicos de pulsing em hastes de bastão-do-imperador ...	21
1. INTRODUÇÃO.....	23
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
2.1. Locais de experimentação.....	24
2.2. Efeito de diferentes concentrações de sacarose.....	24
2.3. Qualidade comercial das hastes florais.....	24
2.4. Análises colorimétricas.....	25
2.5. Quantificação de peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica.....	26
2.6. Análises proteômicas.....	26
2.7. Determinação do teor de açúcares solúveis totais, açúcares redutores e proteínas.	27
2.8. Análises estatísticas.....	27
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4. CONCLUSÕES.....	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
ARTIGO 2 – Efeito fisiológico do condicionamento a seco de hastes florais de bastão-do-imperador.....	44
1. INTRODUÇÃO.....	46
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	47
2.1. Locais de experimentação.....	47
2.2. Avaliação de tempos de armazenamento sem água.....	47
2.3. Qualidade comercial das hastes florais.....	48
2.4. Análises colorimétricas.....	49

2.5.	Quantificação de carotenoides e antocianinas.....	49
2.6.	Quantificação de peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica.....	50
2.7.	Análises proteômicas.....	50
2.8.	Determinação do teor de açúcares solúveis totais, açúcares redutores e proteínas..	51
2.9.	Análises estatísticas.....	51
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
4.	CONCLUSÕES.....	65
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
	ARTIGO 3 - Qualidade e fisiologia pós-colheita de hastes de bastão-do- imperador armazenadas em diferentes temperaturas.....	72
1.	INTRODUÇÃO.....	74
2.	MATERIAL E MÉTODOS.....	75
2.1.	Locais de experimentação.....	75
2.2.	Avaliação de diferentes temperaturas de armazenamento.....	75
2.3.	Qualidade comercial das hastes florais.....	75
2.4.	Análises colorimétricas.....	76
2.5.	Carotenoides e antocianinas.....	77
2.6.	Quantificação de peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica.....	78
2.7.	Análises proteômicas.....	78
2.8.	Determinação do teor de açúcares solúveis totais, açúcares redutores e proteínas..	79
2.9.	Análises estatísticas.....	79
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	79
4.	CONCLUSÕES.....	93
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95

PRIMEIRA PARTE

1. INTRODUÇÃO GERAL

As flores necessitam de manejo adequado para as práticas pós-colheita com o objetivo de manter a qualidade, permitindo que o tempo de vida útil seja suficiente para o transporte e armazenamento. No entanto, para a maioria das espécies, devido ao curto prazo de vida de vaso, é necessária uma logística de transporte que abrange um curto período entre o produtor e o varejo, além da rápida comercialização antes das hastes florais entrarem em senescência (COSTA et al., 2021).

O processo de corte das hastes florais resulta na interrupção do fornecimento de água e nutrientes essenciais para os processos metabólicos e, como consequência, ocorre uma rápida diminuição na durabilidade das flores quando mantidas em temperatura ambiente. A perda na produção por senescência é causada pelo aumento do metabolismo da planta, que está intimamente ligada à ingestão de compostos orgânicos, como carboidratos, que regulam o potencial osmótico celular e atuam como mensageiros na sinalização e expressão gênica (LANGROUDI et al., 2019; COSTA et al., 2021).

Devido à alta perecibilidade das flores e a especificidade de cada espécie, é necessário desenvolver e usar técnicas que promovam sua durabilidade, mantendo as características do produto e reduzindo as perdas pós-colheita. A alternativa para superar tais consequências é o uso de soluções conservantes cuja maioria apresenta carboidratos (sacarose) em sua composição. Além disso, outras técnicas estão disponíveis para aumentar a vida de prateleira e armazenamento de flores de corte como beneficiamento e condicionamento das hastes, hidratação, controles de temperatura, umidade relativa, novas tecnologias de revestimento e adequação dos ambientes de armazenamento (ALKAÇ et al., 2020; KRAUSE et al., 2021).

Em geral, os produtores buscam otimizar o processo de colheita, acondicionando as hastes em recipientes sem água para posteriormente realizar o pulsing para reidratação e conservação do produto. Este processo de condicionamento pode causar perda de turgor celular, seguido de senescência da haste floral. As hastes florais também podem ser acondicionadas sem água ou conservantes durante o transporte e a comercialização, mas tal prática pode causar o murchamento permanente do produto, pois impede a hidratação do tecido quando dispostas novamente em água (COSTA et al., 2017). Entretanto, estudos realizados com copo-de-leite

demonstraram que o armazenamento a seco por um período inferior a 6 dias também pode ser realizado, contudo, os autores recomendam um pré-tratamento com pulsing de sacarose ou imersão das hastes em água (ALMEIDA et al., 2011).

A temperatura correta de transporte e armazenamento é um dos fatores pós-colheita que mais influenciam na qualidade e longevidade das hastes. Em temperaturas adequadas para estas etapas citadas acima, as plantas ornamentais mantem altas atividades respiratórias e transpiratórias para manter suas reações celulares vitais (COSTA et al., 2021).

O processo pós-colheita também é dependente de procedimentos relacionados à colheita, logística de transporte, além da espécie cultivada. Considerando a colheita, é realizado inicialmente a manutenção da qualidade das hastes florais cortadas e a imersão parcial em água ou em solução conservante, afim de manter a hidratação na sequência da colheita, uma vez que essa ainda é feita manualmente (MENEGAES et al., 2020).

Em relação à logística de transporte, de forma geral, é recomendado como melhor procedimento manter as hastes imersas em água com o objetivo de manutenção da hidratação e qualidade das hastes, uma vez que o controle da temperatura é um desafio devido ao transporte de hastes de diversas espécies de flores de corte as quais necessitam de temperaturas diferentes (ALMEIDA et al., 2011).

Quanto às espécies cultivadas, as de origem tropical vem ganhando mercado mundial no cenário da floricultura em função de características específicas relacionadas a sua morfologia como cores, texturas e formas. Diferente das espécies de clima temperado, as hastes de origem tropical necessitam de uma temperatura de armazenamento mais elevada dificultando assim o transporte junto de outras espécies (SANTOS; SOUZA, 2021).

Entre as espécies tropicais, o bastão-do-imperador (*Etilingera elatior*) necessita de especificações em relação ao manejo pós-colheita, uma vez que as hastes têm uma curta longevidade (média de 10 a 13 dias) quando comparada a outras espécies tropicais (ARAÚJO et al., 2018). Alguns estudos já foram realizados com o objetivo de melhorar o cultivo e prolongar a qualidade pós-colheita, assim, foram avaliados o espaçamento de plantio e luminosidade (NASCIMENTO et al., 2015), os estádios de abertura (CARNEIRO et al., 2014; MATTOS et al., 2018) e revestimento com cera de carnaúba associado a diferentes temperaturas de armazenamento (MATTOS et al., 2018) no entanto ainda há lacunas como: qual a concentração ideal de sacarose para realizar o pulsing; se o bastão-do-imperador é tolerante a períodos de condicionamento a seco; qual o intervalo de temperatura de

armazenamento que as hastes toleram e quais os efeitos fisiológicos que ocorrem nas hastes do bastão-do-imperador diante da exposição a estes processos pós-colheita citados.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a qualidade e fisiologia de hastes de *Etilingera elatior* pós-colheita resultante dos tratamentos com pulsing em diferentes concentrações, de condicionamento a seco e temperaturas de armazenamento.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Floricultura tropical

A produção de mudas de flores e plantas ornamentais é um dos segmentos promissores do agronegócio brasileiro que vem se consolidando nos últimos anos, sendo também uma atividade de grande destaque na economia de vários países. A expansão da floricultura deve-se principalmente ao cenário socioeconômico e ao aumento do consumo. Em relação aos produtos comercializados, a floricultura se divide em plantas para paisagismo e jardinagem; flores de corte e folhagens; e flores em vasos e folhagens (REIS et al., 2020).

O mercado brasileiro se beneficia pela ampla biodiversidade e também pelas características edafoclimáticas, possibilitando diferentes alternativas de cultivo. Nesta diversidade incluem-se as flores tropicais que possuem características peculiares em relação às demais, como rusticidade, perenidade, diversidade de cores, portes e formas exóticas (SANTOS et al., 2020).

A floricultura tropical, além de possibilitar uma diversificação no cultivo, traz vantagens em relação aos serviços ecossistêmicos como controle de pragas e doenças, proteção ambiental através da redução do desgaste do solo e econômicos ao reduzir os riscos do negócio pela diversidade na produção. A produção de flores tropicais apresenta mais uma alternativa para agricultores familiares possibilitando sua permanência no campo (SANTOS; SOUZA, 2021).

Por ser um setor competitivo, exige-se o desenvolvimento e o uso de novas tecnologias, além de um sistema eficiente de transporte e de distribuição, vez em que o produto possui taxas de perda consideráveis durante a produção e comercialização. Entre as espécies tropicais cultivadas destacam-se as alpínias, antúrios, cordylines, costus, dracenas, helicônias, musas e bastão-do-imperador (SANTOS et al., 2020).

2.2. *Etilingera elatior*

O bastão-do-imperador (*Etilingera elatior*) é uma planta herbácea, perene e rizomatosa. Tem origem na Indonésia e pertence à família Zingiberaceae, encontrada nas regiões tropicais asiáticas, africanas e das Américas Central e Sul (MARQUES et al., 2019).

Esta espécie apresenta inflorescência terminal, e composta por brácteas florais e involucrais. As brácteas florais na época de plena floração podem conter de 20 a 25 camadas enquanto as involucrais são apenas 3 ou 4 camadas. As flores verdadeiras estão localizadas entre as brácteas florais e involucrais e são sobrepostas em espiral (JUWITA et al., 2018).

A característica ornamental é atribuída às brácteas que podem apresentar colorações que variam do vermelho e rosa ao branco. Comercialmente destacam-se as variedades “Red Torch” que possui brácteas com vermelho intenso; “Pink Torch” que possui brácteas de cor rosa intenso; “Porcelana” a qual tem brácteas rosa com uma tonalidade mais clara e a variedade de brácteas na cor branca (ARAÚJO et al., 2018).

De modo geral, o bastão-do-imperador produz de 50 a 200 hastes florais por touceira durante o ano inteiro principalmente entre os meses de setembro a fevereiro, e a durabilidade pós-colheita pode variar dependendo do ponto de abertura da inflorescência, sendo menor quando as brácteas estão totalmente expandidas com longevidade de 4 dias e máxima longevidade com 10 dias com o ponto das brácteas fechadas. (CARNEIRO et al., 2014). Sua colheita deve ser feita em temperaturas amenas, de preferência no período da manhã e este processo ocorre de forma manual permitindo a seleção das hastes, entretanto, é um processo demorado e oneroso. Além disso, é necessário o transporte rápido e a manutenção das hastes sempre hidratadas até o beneficiamento (LOGES et al., 2008).

Outro fator que reduz a durabilidade é o desabrochamento ou abertura das flores verdadeiras, por isso, para garantir a qualidade e durabilidade das hastes florais, recomenda-se que as inflorescências sejam colhidas antes da abertura das flores verdadeiras, correspondente aos pontos de colheita fechados ou semiabertos em relação as brácteas (ARAÚJO et al., 2018; COSTA et al., 2021).

A durabilidade também é influenciada pelos processos pós-colheita, pois podem causar danos mecânicos e fisiológicos que como consequência do estresse causado vão reduzir a durabilidade e acelerar a senescência das hastes florais (ARAÚJO et al., 2018).

2.3. Condicionamento e armazenamento pós-colheita

No processo de colheita, poderá ocorrer, como consequência do corte, a oclusão dos vasos do xilema, dificultando o transporte de água e soluções conservadoras o qual associado a taxa de transpiração e a perda excessiva de água acelera o processo de senescência e consequentemente reduz a qualidade e durabilidade da haste (COSTA et al., 2017).

Com o objetivo de garantir maior tempo de durabilidade e qualidade pós-colheita das hastes, é realizado o processo de condicionamento através de soluções conservantes geralmente constituídas por sacarose. O pulsing com sacarose aumenta o conteúdo de carboidratos e a absorção de água, atrasando a senescência devido ao aumento da turgidez das flores, reduzindo a proliferação bacteriana e auxilia na prevenção de bloqueios no xilema (KRAUSE et al., 2021; SALES et al., 2021). O pulsing também pode interferir nas relações hídricas uma vez que os açúcares presentes na solução alteram o potencial hídrico e, consequentemente, o transporte de água (MATTOS et al., 2018).

Além do condicionamento utilizando soluções conservantes, as hastes florais também podem passar por um período de condicionamento a seco durante os processos de colheita, transporte e armazenamento. O condicionamento a seco apresenta vantagens em relação ao espaço de armazenamento e para algumas espécies, como o copo-de-leite, proporciona maior durabilidade quando comparado com o condicionamento em solução conservante (ALMEIDA et al., 2011). Entretanto, esta prática pode causar estresse fisiológico devido à restrição da absorção de água no caule e, consequentemente, taxas de transpiração superiores, crescimento microbiano, formação de bolhas de ar e deposição de suberina e lignina nos vasos do xilema (SALES et al., 2021).

Após o condicionamento em solução ou a seco, o armazenamento é outra etapa que também apresenta dificuldades de logística e temperatura adequada para as hastes. A exposição a temperaturas inadequadas por longos períodos de armazenamento também afeta negativamente a vida útil das flores de corte. Com o aumento da temperatura, também ocorre o aumento da produção de calor por processos respiratórios pela síntese de novos compostos gerando energia na forma de trifosfato de adenosina (ATP) e como consequência acelera o processo de senescência. Para a maioria das plantas ornamentais, o resfriamento pós-colheita é uma das técnicas capazes de retardar a senescência, entretanto, o frio extremo em hastes tropicais pode causar injurias como queimaduras e murchas, inviabilizando a comercialização (COSTA et al., 2021).

Tanto o pulsing, quanto o condicionamento a seco e a temperatura de armazenamento, são etapas pós-colheita bem estabelecidos, entretanto, para o bastão-do-imperador, que comparado as demais flores de corte tropicais apresenta menor durabilidade, são escassas as informações relacionadas a estes processos pós-colheita e quais as implicações na fisiologia estas práticas irão causar. Ressalta-se que o estudo do pulsing, condicionamento a seco e temperatura de armazenamento e o efeito destas praticas na fisiologia de bastão-do-imperador é relevante, pois auxilia na determinação de protocolos pós-colheita mais eficientes com o objetivo de manter a qualidade e aumentar a durabilidade das hastes.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALKAÇ, O. S.; ÖCALAN, O. N.; GÜNEŞ, M. The effect of some solutions on the vase life of star flowers. **Ornamental Horticulture**, v. 26, p. 607-613, 2020. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v26i4.2184>

ALMEIDA, E. F. A.; PAIVA, P. D. D. O.; LIMA, L. C. D. O.; SILVA, F. C.; FONSECA, J.; NOGUEIRA, D. A. Calla lily inflorescences postharvest: pulsing with different sucrose concentrations and storage conditions. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 657-663, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000400003>

ARAÚJO, P. G. P. D.; ALBUQUERQUE FILHO, J. C. C. D.; SILVA, S. S. L.; CASTRO, C. E. F. D.; GONÇALVES, C.; LOGES, V. Caracterização e seleção de bastão-do-imperador para flor de corte. **Ornamental Horticulture**, v. 24, n. 4, p. 371-379, 2018. <https://doi.org/10.14295/oh.v24i4.1207>

CARNEIRO, D. N. M.; DE OLIVEIRA PAIVA, P. D.; CARNEIRO, L. F.; DE SOUZA RODRIGUES, R.; CARLOS DE OLIVEIRA LIMA, L.; DIAS, G. D. M. G.; PEDROSO, R. G. A. V. Developmental stage and pulsing in inflorescences of torch ginger. **Ornamental Horticulture**, v. 20, n. 2, p. 163-170, 2014. <https://doi.org/10.14295/rbho.v20i2.578>

COSTA, L. C.; DE ARAUJO, F. F.; RIBEIRO, W. S.; DE SOUSA SANTOS, M. N.; FINGER, F. L. Fisiologia pós-colheita de flores de corte. **Ornamental Horticulture**, v. 27, p. 374-385, 2021. <https://doi.org/10.14295/rbho.v11i2.48>

COSTA, L. C. D.; ARAÚJO, F. F. D.; SANTOS, M. N. D. S.; LIMA, P. C. C.; PEREIRA, A. M.; FINGER, F. L. Vida de vaso e capacidade de reidratação de flores de gladiolo armazenadas a seco em baixa temperatura. **Ciência Rural**, v. 47, n. 2, p. 1-6, 2017. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160139>

JUWITA, T.; PUSPITASARI, I. M.; LEVITA, J. Torch ginger (*Etilingera elatior*): A review on its botanical aspects, phytoconstituents and pharmacological activities. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 21, n. 4, p. 151-165, 2018. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2018.151.165>

KRAUSE, M. R.; SANTOS, M. N. D. S.; MOREIRA, K. F.; TOLENTINO, M. M.; MAPELI, A. M. Aumento da vida de vaso de flores de corte de *Lilium pumilum* por solução pulsante contendo sacarose, ácido cítrico e tiosulfato de prata. **Ornamental Horticulture**, v. 27, p. 344-350, 2021. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v27i3.2330>

LANGROUDI, M. E.; HASHEMABADI, D.; KALATEJARI, S.; ASADPOUR, L. Effect of silver nanoparticles, spermine, salicylic acid and essential oils on vase life of Alstroemeria. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 6, n. 2, p. 100-108, 2019. <https://doi.org/10.32404/rean.v6i2.2366>

LOGES, V.; DA COSTA, A. S.; GUIMARÃES, W. N. R.; TEIXEIRA, M. D. C. F. Potencial de mercado de Bastão-do-impera. **Ornamental Horticulture**, v. 14, n. 1, 2008. <https://doi.org/10.14295/rbho.v14i1.225>

MARQUES, D. J.; BIANCHINI, H. C.; DE SOUZA, A. P. Adubação nitrogenada na produção do gengibre ornamental fertirrigado em cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 37, n. 2, p. 146-151, 2019. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620190204>

MATTOS, D. G.; PAIVA, P. D. D. O.; ELIAS, H. H. D. S.; BOAS, E. V. D. B. V.; RODRIGUES, L. F.; LAGO, R. C. D. Amido e açúcares solúveis totais em pós-colheita de inflorescências de bastão-de-imperador. **Ornamental Horticulture**, v. 24, n. 4, p. 435-442, 2018. <https://doi.org/10.14295/oh.v24i4.1205>

MENEGAES, J. F.; NUNES, U. R.; BELLÉ, R. A.; BACKES, F. A. A. L. Pós-colheita de hastes florais de cártamo em diferentes soluções conservantes. **Acta Iguazu**, v. 9, n. 2, p. 67-80, 2020. <https://doi.org/10.48075/actaiguaz.v9i2.23328>

NASCIMENTO, Â. M. P.; DE OLIVEIRA PAIVA, P. D.; NERY, F. C.; DE SOUZA, R. R.; MANFREDINI, G. M.; ALMEIDA, E. F. A. Influência do espaçamento de plantio e luminosidade no desenvolvimento de bastão-do-imperador. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 2, p. 230-236, 2015.

REIS, M. V. D.; SANT'ANA, G. S.; PAIVA, P. D. D. O.; BONIFÁCIO, F. D. L.; GUIMARÃES, P. H. S. Profile of producer and retailer of flower and ornamental plant. **Ornamental Horticulture**, v. 26, p. 367-380, 2020. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v26i3.2164>

SALES, T. S.; PAIVA, P. D. D. O.; MANFREDINI, G. M.; NASCIMENTO, Â. M. P. D.; REIS, M. V. D. Water relations in cut calla lily flowers maintained under different postharvest solutions. **Ornamental Horticulture**, v. 27, p. 126-136, 2021. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v27i2.2235>

SANTOS, J. S. C.; GRZEBIELUCKAS, C.; DE FRANÇA, R. N. C.; RODRIGUES, F. X. F.; NUNES, E. S. Diversificação da Produção com Flores Tropicais: Qual o interesse dos agricultores familiares de Tangará da Serra-MT?. **Desenvolvimento em Questão**, v. 18, n. 50, p. 129-145, 2020. <https://doi.org/10.21527/2237-6453.2020.50.129-145>

SANTOS, K. O.; DE SOUZA, A. C. R. Flores tropicais. **Saber Científico**, v. 5, n. 2, p. 1-8, 2021.

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

ARTIGO 1 - Efeitos fisiológicos de pulsing em hastes de bastão-do-imperador.

RESUMO

Soluções de pulsing de sacarose destacam-se pelo objetivo de hidratação e manutenção da turgescência das hastes florais atuando nos processos respiratórios, suplementado os açúcares naturais e reduzindo a transpiração. Além disso, o pulsing de sacarose pode causar efeitos na fisiologia da haste floral, alterando o metabolismo e a qualidade e durabilidade pós-colheita. Diante do exposto, objetivou-se elucidar os efeitos fisiológicos de pulsing em concentrações de sacarose em hastes de bastão-do-imperador. Para isso, hastes de bastão-do-imperador foram coletadas e dispostas em solução de sacarose nas concentrações controle, 15%, 20% e 25% por 24 horas. Após este período, as hastes foram dispostas em água e a cada 3 dias foram avaliados qualidade visual, porcentagem de flor verdadeira, taxa de absorção, teor de água, massas fresca e seca e parâmetros colorimétricos. Também foram realizadas avaliações bioquímicas do sistema antioxidante e conteúdo de macromoléculas. O pulsing com 20% e 25% de sacarose acelerou o surgimento das flores verdadeiras, aumentou a taxa de absorção e massa fresca das hastes. Também ocorreu o aumento na peroxidação lipídica. As hastes de bastão-do-imperador não possuem expressão das enzimas SOD e CAT. O pulsing aumentou as reservas de proteína e açúcares. Recomenda-se a realização do pulsing com 15% de sacarose para hastes de bastão-do-imperador que mantiveram maior qualidade visual até o 9º dia pós-colheita.

Palavras-chave: *Etilingera elatior*; solução conservante; qualidade; durabilidade; floricultura.

ABSTRACT

Sucrose pulsing solutions stand out for the purpose of hydration and maintenance of the turgidity of the floral stems, acting on the respiratory processes, supplementing the natural sugars and reducing transpiration. In addition, sucrose pulsing can cause effects on flower stem physiology, altering metabolism and postharvest quality and durability. Given the above, the objective was to elucidate the physiological effects of pulsing on sucrose concentrations in torch ginger stems. For this, torch ginger stems were collected and placed in sucrose solution at control concentrations, 15%, 20% and 25% for 24 hours. After this period, the stems were placed in water and every 3 days visual quality, percentage of true flower, absorption rate, water content, fresh and dry mass and colorimetric parameters were evaluated. Biochemical evaluations of the antioxidant system and macromolecule content were also performed. Pulsing with 20% and 25% sucrose accelerated the emergence of true flowers, increased the absorption rate and fresh mass of the stems. There was also an increase in lipid peroxidation. Torch ginger stems do not have expression of SOD and CAT enzymes. Pulsing increased protein and sugar stores. Pulsing with 15% sucrose is recommended for torch ginger stems that maintained higher visual quality until the 9th day post-harvest.

Keywords: *Etilingera elatior*; vase solution; quality; durability; floriculture

1. INTRODUÇÃO

Na produção de plantas para corte de flores, uma das práticas pós-colheita realizadas é o pulsing. Este consiste em um tratamento rápido realizado logo após a colheita para a reidratação e fornecimento de sacarose com o intuito de reduzir o estresse hídrico e atrasar a senescência (COSTA et al., 2021; KRAUSE et al., 2021).

Entre as soluções utilizadas para realizar o pulsing, destacam-se de forma isoladas ou combinadas, as de ácidos orgânicos, com inibidores da síntese de etileno, com ação bactericida e controle sanitário e principalmente as soluções de sacarose (NASCIMENTO et al., 2019). A solução de sacarose tem como principal efeito a manutenção da turgescência das hastes florais, uma vez que, atua como substrato para os processos respiratórios, suplementado os açúcares naturais que são fontes de reservas para a ativação do metabolismo e reduzem a transpiração através da regulação osmótica e fechamento estomático (MENEGAES et al., 2020).

O uso de biomoléculas da classe dos sacarídeos, como a sacarose, evita danos celulares que por consequência evita o processo de morte celular das mesmas atrasando a senescência das hastes florais. Esses produtos aumentam o conteúdo de carboidratos e a absorção de água, mantêm a turgidez das flores, previnem bloqueios do xilema, aumenta a rigidez mecânica e espessamento da parede celular (ALKAÇ et al., 2020; SALES et al., 2021).

Em bastão-do-imperador, pesquisas realizadas por Carneiro et al. (2014) indicaram o ponto semiaberto das inflorescências como ideal para colheita do cultivar “Porcelana”, e verificaram que o pulsing com sacarose na concentração de 20% é o mais eficiente para a espécie. Entretanto, as análises realizadas foram apenas visuais e de massa fresca, não sendo realizado análises fisiológicas para elucidar e entender o efeito do pulsing na fisiologia pós-colheita das hastes de bastão-do-imperador.

As soluções de pulsing, tanto em relação a composição quanto a concentração, também foram testadas para outras espécies tropicais como *Zingiber spectabile* o qual além da sacarose, também foi testado soluções comerciais (COELHO et al., 2012). Para a mesma espécie, também foi testado nitrato de prata, cloreto de cobalto, ácido giberélico e 6-Benzilaminopurina e os autores concluíram que o nitrato de prata foi mais eficiente seguido pelo ácido giberélico, o qual a utilização também foi recomendada (SANTOS et al., 2008).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar as concentrações de sacarose para pulsing de hastes de bastão-do-imperador e elucidar os efeitos fisiológicos deste processo. Desta forma,

tornar possível entender em qual processo a sacarose atua para aumento da vida de vaso. Também, visou-se a esclarecer se o pulsing com sacarose acelera o metabolismo, aumentando o surgimento de flores verdadeiras ou ainda se seria causador de estresse fisiológico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Locais de experimentação

Os experimentos pós-colheita foram conduzidos no Setor de Floricultura e Paisagismo (Departamento de Agricultura) e as análises bioquímicas enzimáticas e não enzimáticas foram realizadas no Setor de Fisiologia Vegetal (Departamento de Biologia) e no Setor de Sementes (Departamento de Agricultura).

2.2. Efeito de diferentes concentrações de sacarose

Para o experimento foram utilizadas hastes florais de *Etlingera elatior* cv. 'Porcelana' cultivadas no setor de Paisagismo e Floricultura da Universidade Federal de Lavras. Foram selecionadas inflorescências com ponto semi-aberto de abertura (CARNEIRO et al., 2014, MATTOS et al., 2018) sem a presença de flores verdadeiras. Após a colheita, as inflorescências foram higienizadas, as hastes padronizadas em 45 cm, com 1,2 cm + 2 mm de diâmetro e peso médio de 250 g. As hastes foram dispostas em posição vertical em recipientes contendo 3 hastes e 1 L das diferentes concentrações de sacarose (0%; 15%; 20%; 25%) e mantidas por 24h e após esse período, as hastes florais foram transferidas para recipientes contendo 1 L de água destilada, vedados, mantidos em temperatura de 21 °C, no escuro e com umidade relativa do ar de 70%. As concentrações do presente estudo foram determinadas utilizando Carneiro et al. (2014) como referência, os quais também trabalharam com pulsing de sacarose para bastão-do-imperador cv. 'Porcelana'.

2.3. Qualidade comercial das hastes florais

Para análise da qualidade visual das inflorescências de bastão-do-imperador foram atribuídas notas por 3 avaliadores, a cada 3 dias, até o 9º dia de avaliação após o pulsing, com base nos critérios de Carneiro et al. (2014).

Tabela 1. Critério de avaliação da qualidade visual de inflorescências de bastão-do-imperador por atribuição de notas.

NOTAS	CONCEITOS	DESCRIÇÃO
4	EXCELENTE	Haste e inflorescências túrgidas, brácteas com brilho e coloração característica.
3	BOM	Início da perda de turgescência (somente sensível ao tato); com ou sem o início do desbotamento e/ou murcha das bordas das brácteas e hastes.
2	REGULAR	Declínio das brácteas pela perda visível da turgescência e brilho da inflorescência e da haste. Bordos das brácteas com aspecto encharcado.
1	RUIM	Perda da turgescência pronunciada das brácteas e/ou hastes, bordos das brácteas translúcidas, parte central da inflorescência amolecida.
0	PÉSSIMO	Descarte: brácteas moles e/ou secas e/ou aspecto encharcado, com apodrecimento da parte central da inflorescência, e abscisão das brácteas.

Fonte: Carneiro et al. (2014)

Além dos aspectos visuais, também foram avaliadas a cada 3 dias a porcentagem de hastes com flores verdadeiras após a colheita, taxa de absorção por inflorescência, as massas fresca (g) e seca (g) das hastes de bastão-do-imperador a partir de balança analítica de precisão e os teores de água (%). A taxa de absorção foi obtida pela determinação do volume de água consumida, em mL/haste/dia e os teores de água (%) utilizando a fórmula $[(\text{massa fresca (g)} - \text{massa seca (g)}) / \text{massa fresca (g)}] \times 100\%$ (SALES et al., 2021).

2.4. Análises colorimétricas

Com o intuito de acompanhar as mudanças visuais na coloração das brácteas de forma quantitativa e comparar com os resultados das avaliações visuais, foram realizadas análises colorimétricas por meio de colorímetro (Konica Minolta®, CM-5, Osaka, Japão). A mensuração foi realizada a cada 3 dias, em 3 brácteas totalmente expandidas posicionadas na

segunda fileira mais externa de cada inflorescência, sendo a medição realizada na porção mediana da bráctea. Foram mensurados os parâmetros a^* (adimensional) referente aos comprimentos de onda das cores vermelha (valores positivos) e verde (valores negativos); b^* (adimensional) referente aos comprimentos de onda das cores amarela (valores positivos) e azul (valores negativos); L^* (adimensional) que se refere à luminosidade da amostra (quanto mais positivo, mais clara é a amostra; quanto mais negativo, mais escura). Também se mediu o parâmetro Chroma (adimensional) que corresponde à pureza da cor: quanto mais forte e brilhante é a cor, mais afastado está da origem das coordenadas; o Hue (graus) corresponde à tonalidade (LAGO et al., 2020).

2.5. Quantificação de peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica

Amostras com 0,2 g de brácteas totalmente expandidas posicionadas na segunda fileira mais externas de cada inflorescência foram maceradas em nitrogênio líquido acrescido de 20% de PVPP (m/v), homogeneizadas em 1,5 mL de ácido tricloroacético (TCA) 0,1% (m/v) e centrifugadas a 12.000 g por 15 minutos a 4° C. O peróxido de hidrogênio (H_2O_2) foi determinado medindo-se a absorbância a 390 nm em um meio de reação contendo tampão fosfato de potássio 100 mM com pH 7,0 e iodeto de potássio 1 M (VELIKOVA et al., 2000).

A peroxidação lipídica foi determinada por meio da quantificação de espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico, conforme descrito por Buege e Aust (1978). O extrato foi obtido de acordo com Velikova et al. (2000). Alíquotas (250 μ L) do sobrenadante foram adicionadas ao meio de reação de ácido tiobarbitúrico (TBA) 0,5% (m/v) e 10% (m/v) de TCA, incubando-se, em seguida, a 95 °C por 30 minutos. A reação foi paralisada por resfriamento rápido em gelo e as leituras foram determinadas em espectrofotômetro, a 535 nm e 600 nm.

2.6. Análises proteômicas

A expressão das atividades enzimáticas da superóxido desmutase (SOD) e catalase (CAT) foram realizadas pela técnica de eletroforese, extraíndo 1g de matéria fresca (MF) em tampão Tris HCl 0,2 M pH 8,0 + 0,1% de beta-mercaptoetanol para SOD e CAT. O material foi homogeneizado em vortex e mantido por 12 horas em geladeira, seguido de centrifugação a 14.000 rpm por 30 minutos a 4 °C. A corrida eletroforética foi realizada em sistema descontinuo

de géis de poliacrilamida a 7,5% de gel separador e 4,5% de gel concentrador. O tampão de corrida utilizado foi o Tris-glicina pH 8,9. Foram aplicados 60 µL do sobrenadante das amostras no gel e a corrida eletroforética foi realizada a 150 V por 5 horas. Terminada a corrida, os géis foram revelados para as enzimas SOD e CAT conforme Silva Neta et al. (2020), com modificações.

2.7. Determinação do teor de açúcares solúveis totais, açúcares redutores e proteínas

Para a avaliação de macromoléculas do metabolismo primário foram extraídos 0,2 g de matéria seca juntamente com tampão fosfato de potássio 0,1 M (pH 7,0), foram levados ao banho-maria por 30 min à 40°C, logo em seguida o extrato foi centrifugado a 10.000 G durante 20 min, sendo o sobrenadante coletado e o processo de centrifugação repetido após adição de mais tampão, logo após a nova coleta do sobrenadante o material foi armazenado à -80°C. Para a quantificação das biomoléculas açúcares solúveis totais, açúcares redutores e proteínas foram utilizados métodos espectrofotométricos da Antrona, Ácido Dinitrosalicílico (DNS) e Bradford cujos protocolos foram inicialmente recomendados, respectivamente, por Yemm e Willis (1954); Miller (1959) e Bradford (1976) todos com modificações.

2.8. Análises estatísticas

O experimento foi replicado 2 vezes em delineamento inteiramente casualizado, com 3 repetições, em esquema fatorial (4x3) +1, sendo 4 concentrações de sacarose e 3 dias de coletas de dados e o controle representado pelas hastes florais no dia da colheita. Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando detectadas diferenças significativas, foram aplicados os testes de médias. Para o esquema fatorial aplicou-se o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade e para a comparação do controle com os tratamentos resultantes do fatorial foi realizado o teste de Dunnett a 5% de probabilidade, utilizando o programa Sisvar versão 5.6. (FERREIRA, 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram atribuídas notas que caracterizaram a qualidade visual e, como consequência, a identificação se a haste floral atendia os parâmetros de comercialização. Quando abaixo da nota 3, as hastes florais perderam características qualitativas que impediam a sua comercialização. Dessa forma, como o controle é representado pelas hastes imediatamente coletadas, essas receberam nota 4.

Após submetidas às diferentes concentrações de sacarose, no 3º dia de avaliação, as hastes florais continuaram com nota máxima. Já no 6º dia, as hastes de bastão-do-imperador submetidas ao pulsing de 15% de sacarose permaneceram com nota 4, enquanto que as que foram acondicionadas apenas em água tiveram nota 3, diferentemente destes tratamentos, as hastes submetidas às concentrações de 20% e 25% de sacarose foram avaliadas com nota inferior a 3, caracterizando a perda de qualidade e inviabilizando a comercialização.

No 9º dia após a colheita, as avaliações mantiveram semelhantes ao 6º dia com a melhor nota atribuída às hastes mantidas na concentração de 15% de sacarose seguida pelas hastes que foram acondicionadas somente em água, entretanto, todos os tratamentos foram avaliados com nota menor que 3 indicando que o 9º dia é o limite de comercialização das hastes florais de bastão-do-imperador (Figura 1).

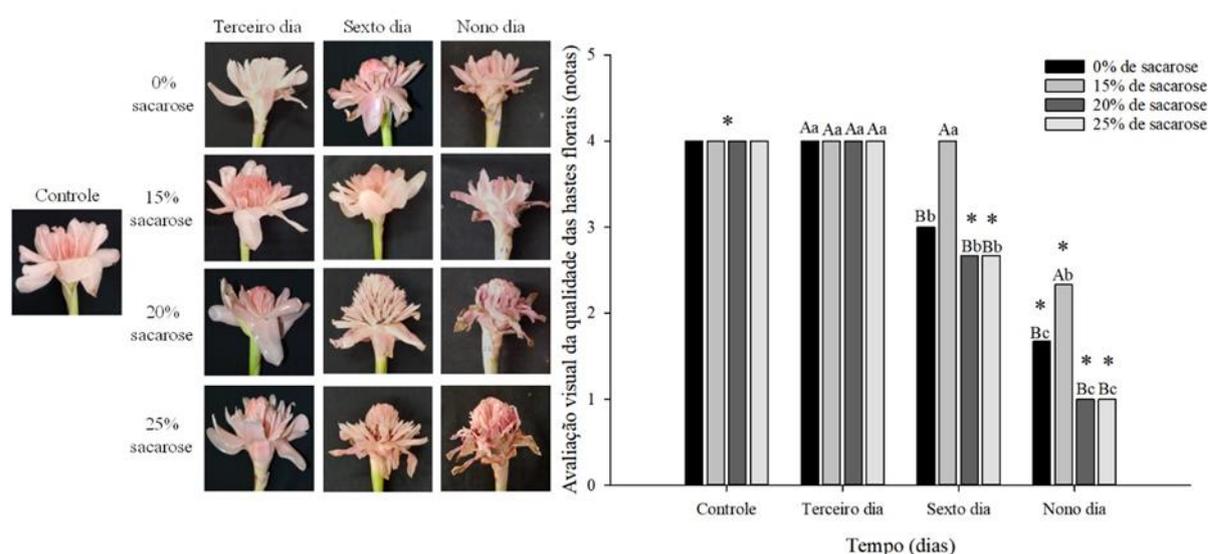


Figura 1. Avaliação visual da qualidade (notas) das hastes florais de bastão-do-imperador submetidas às diferentes concentrações de sacarose em relação ao tempo pós-colheita. Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula comparando as concentrações de sacarose e minúscula comparando o tempo (dias), não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade de erro. Asterisco (*) Diferem do controle pelo teste de Dunnett a 5 % de probabilidade de erro.

A qualidade visual depende da avaliação de características subjetivas, sendo a escala de senescência uma alternativa para estimar a qualidade pós-colheita permitindo uma estimativa de longevidade para as hastes disponibilizadas no mercado (MATTOS et al., 2020). Dessa forma, as hastes do bastão-do-imperador submetidas ao pulsing com 15% de sacarose foram as que apresentaram, através da escala de senescência, maior qualidade visual e longevidade de até 6 dias após o pulsing.

Foram avaliadas a presença de flor verdadeira e ressalta-se que na seleção das hastes, essas estavam no ponto de abertura semi-aberto e sem presença de flor verdadeira. No 3º dia de avaliação, após a exposição ao pulsing, as hastes imersas nas maiores concentrações de sacarose apresentaram maior quantidade de flor verdadeira com porcentagens acima de 55%. As hastes na concentração de 15% de sacarose foram as que tiveram a menor porcentagem nesta avaliação com 11%. No 6º e 9º dia, nas maiores concentrações chegaram a 100% das hastes com flor verdadeira e o condicionamento com água e 15% de sacarose apresentaram entre 50% e 60% de flor verdadeira (Figura 2).

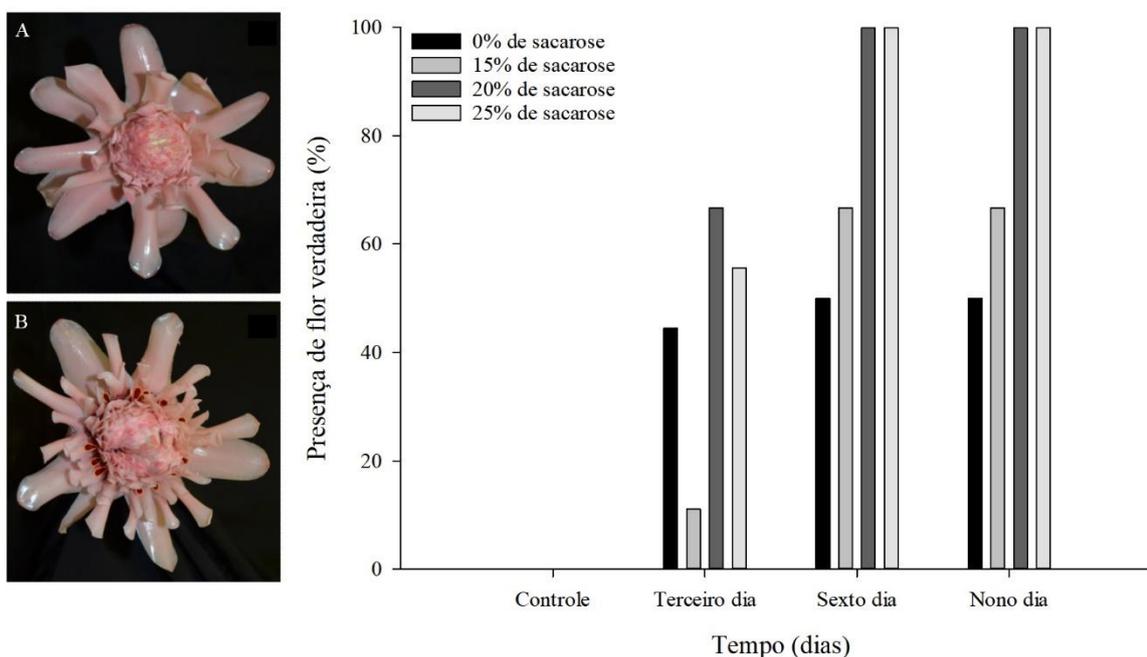


Figura 2. Presença de flor verdadeira (%) das hastes florais de bastão-do-imperador submetidas a diferentes concentrações de sacarose em relação ao tempo pós-colheita. (A) haste floral representando o controle (avaliação feita na colheita) sem a presença de flor verdadeira. (B) haste floral representando o aparecimento de flor verdadeira ocorrendo nos tratamentos a partir do terceiro dia de avaliação.

No período em que as flores verdadeiras do bastão-do-imperador começam a abrir as brácteas externas e a parte superior do pedúnculo começam a alterar a coloração e reduzir o teor de água, devido à redução dos açúcares solúveis totais e a degradação de amido acumulados pela planta que são utilizados durante a formação das flores. É neste momento que a sacarose absorvida através da solução de pulsing é reduzida pela ação de invertases e sacarose sintase, liberando glicose e frutose, suprimindo o metabolismo do caule floral, e promovendo um aumento na concentração de solutos nas flores (ARAÚJO et al., 2018).

Considerando que as células que compõem a estrutura da parede celular das pétalas usam açúcares como substrato para respiração celular, a redução do teor de carboidratos durante o período de armazenamento desencadeia eventos de senescência, que reduz a vida de vaso das hastes (COSTA et al., 2021). Este fato justifica porque as hastes submetidas às concentrações de 20% e 25% de sacarose entraram em senescência mais rápido reduzindo a qualidade visual, uma vez que estas concentrações induziram o aparecimento mais rápido de flores verdadeiras que utilizaram das reservas de açúcares disponíveis.

A taxa de absorção (Figura 3 A) foi maior na 1ª avaliação que iniciou ao 3º dia diferenciando-se das demais seguido pelo 6º dia e o 9º dia que foram menores. Entre as concentrações, inicialmente as hastes com pulsing de 20% e 25% de sacarose tem as maiores taxas de absorção, entretanto, no último dia, a concentração de 25% teve a menor taxa diferenciando-se das demais. Em relação ao teor de água (Figura 3 B), a porcentagem aumenta com a reidratação das hastes e diferencia-se após o 6º dia o qual o controle apresenta menor porcentagem em comparação com o pulsing independente da concentração.

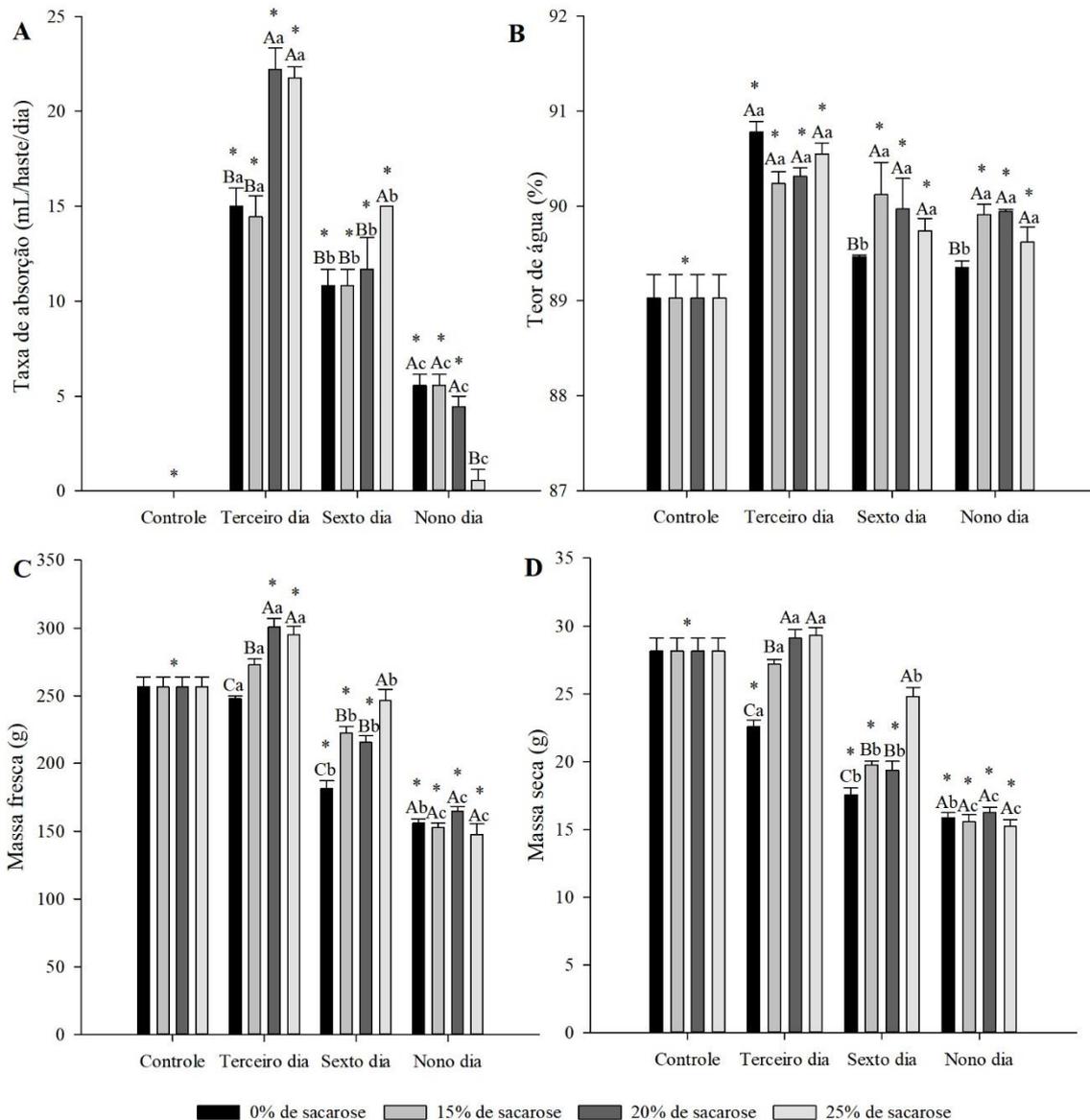


Figura 3. (A) Taxa de absorção, (B) teor de água (%), (C) massa fresca e (D) massa seca das hastes florais de bastão-do-imperador submetidas as diferentes concentrações de sacarose em relação ao tempo pós-colheita. Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula comparando as concentrações de sacarose e minúscula comparando o tempo (dias), não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade de erro. Asterisco (*) Diferem do controle pelo teste de Dunnett a 5 % de probabilidade de erro. Barras representam erro padrão.

As hastes de bastão-do-imperador tiveram comportamento semelhante para as massas fresca (Figura 3 C) e seca (Figura 3 D). O 3º dia de avaliação apresentou maiores valores de massa que foram reduzindo até a 9ª avaliação. Apenas para as hastes no tratamento sem sacarose que a 6ª avaliação foi igual a 9ª estatisticamente. Entre os tratamentos, inicialmente as hastes submetidas as concentrações de 20% e 25% de sacarose tiveram as maiores massas. No 6º dia,

as hastes que estavam na concentração de 25% mantiveram-se com a maior massa diferenciando das demais e no 9º dia de avaliação não houve diferença entre os tratamentos.

O teor de água da haste cortada é mantido pela sacarose uma vez que é acumulada dentro da haste floral entre o caule e as brácteas, aumentando a concentração osmótica de solutos ativos e, conseqüentemente, auxilia na manutenção do conteúdo de água e turgidez celular (KRAUSE et al., 2021). A durabilidade de flores de corte é influenciada pela absorção, capacidade de retenção, transporte e perda de água nos tecidos; assim, a redução de água nos tecidos é diretamente relacionada à sua durabilidade (NASCIMENTO et al., 2019).

A sacarose atua como osmólito e fonte de energia que desempenha um papel vital na preservação da qualidade das flores de corte, que relaciona o prolongamento da vida útil de vaso, constatado para as hastes de bastão-do-imperador, que aumentou a massa fresca assim como a taxa de absorção nos primeiros dias após a colheita devido a redução do potencial osmótico e fechamento estomático, e assim, com o início da senescência o peso e a absorção diminuíram devido à perda de turgidez, cavitação dos vasos do xilema e deficiência na respiração celular (NASCIMENTO et al., 2019; ALKAÇ et al., 2020).

O colorímetro permite avaliar de forma quantitativa, parâmetros relacionados a cor e brilho que estão ligados a percepção do comprimento de onda visível ao ser humano. O parâmetro a^* (Figura 4 A) o qual está ligado a faixa de cor verde (valores negativos) e cor vermelha (valores positivos) diferenciou do controle a partir do 6º dia exceto para as hastes que foram submetidas a concentração de 15% de sacarose. Ao analisar o parâmetro a^* das hastes imersas nas diferentes concentrações de sacarose, a diferença entre os tratamentos ocorreu ao 9º dia o qual as hastes na concentração de 15% tiveram a menor alteração deste parâmetro e a concentração de 25% foi a que induziu maior aumento. Para o parâmetro a^* foi observado que os maiores valores da cor vermelha estão presentes no 9º dia de avaliação quando comparado com os dias anteriores.

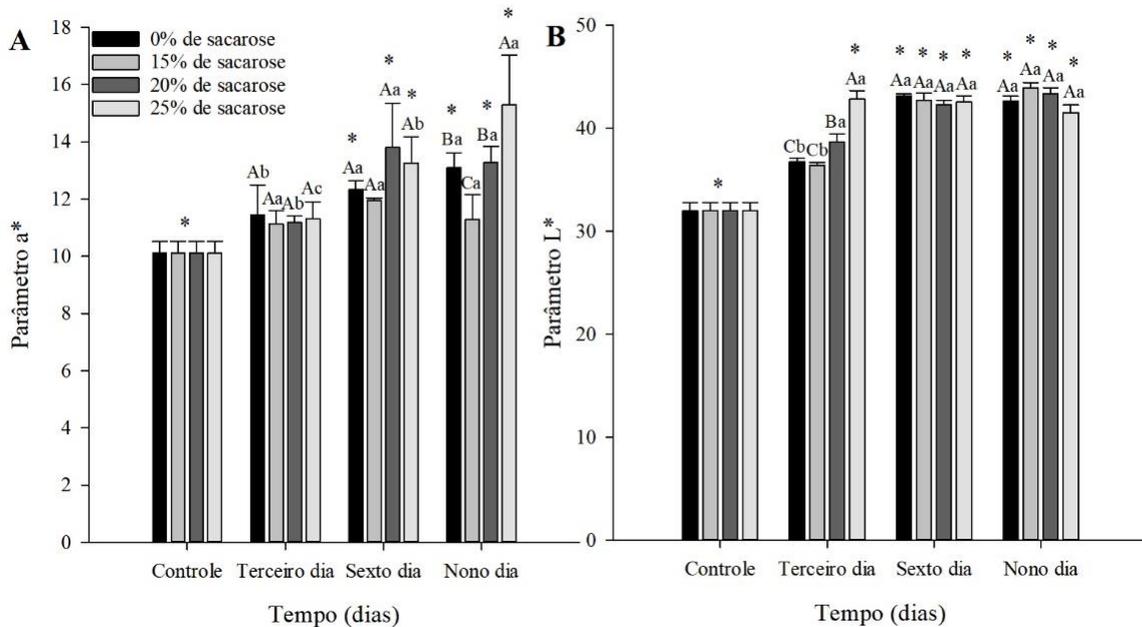


Figura 4. (A) Parâmetro a* (adimensional) (B) parâmetro L* (adimensional) das hastes florais de bastão-do-imperador submetidas as diferentes concentrações de sacarose em relação ao tempo pós-colheita. Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula comparando as concentrações de sacarose e minúscula comparando o tempo (dias), não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade de erro. Asterisco (*) Diferem do controle pelo teste de Dunnett a 5 % de probabilidade de erro. Barras representam erro padrão.

Para o parâmetro L* (Figura 4 B) os maiores valores foram observados no 6º e 9º dia os quais diferenciam do controle e não há diferença entre os tratamentos. No 3º dia de avaliação, as hastes imersas em água e em solução de 15% de sacarose não diferiram, já as hastes submetidas a solução de 25% de sacarose foram as que apresentaram maiores valores para o parâmetro L* diferindo também do controle.

O parâmetro hº determina o quadrante de cor em que a amostra se encontra sendo que de 0º a 90º localiza-se dentro da cor vermelha uma vez que as hastes de bastão-do-imperador obtiveram uma média de 43.90º justificando a análise do parâmetro a* e porque a análise do parâmetro b* não é significativo uma vez que está análise corresponde a faixa do azul (valores negativos) e amarelo (valores positivos). A média do valor obtido no parâmetro C* pelas hastes foi de 14,06 não se observando diferença entre os tratamentos.

Assim como foi observado nas hastes de bastão-do-imperador, através do parâmetro a*, inicia-se uma mudança de coloração a partir do 6º dia. Este fato ocorre no mesmo dia em que se inicia a perda de qualidade, indicando que a mudança de coloração é um processo relacionado com a senescência. Mattos et al (2020) avaliaram a escala de senescência de antúrio, também

utilizando o colorímetro, e observaram essa alteração de coloração aos nove dias e atribuíram esse fato ao estágio avançado de senescência que as hastes apresentavam e também concluem que a preservação da cor é um fator importante para estabelecer o valor comercial de produtos hortícolas.

O parâmetro L^* é a quantificação da luminosidade refletida pelas brácteas. Quando relacionado a pós-colheita, o declínio deste parâmetro está relacionado com o escurecimento das brácteas ou pétalas. Com o aumento deste parâmetro, assim como foi observado para as hastes do bastão-do-imperador independente do tratamento, ocorreu o esbranquiçamento das brácteas que está relacionado com a perda de massa, senescência e degradação dos pigmentos (FERNANDO-SANTOS et al., 2020), ocorrendo este fato ao 6º dia que corresponde com a perda de qualidade das hastes.

A peroxidação lipídica (5 A) ao 3º dia foi maior no tratamento com 25% de sacarose, diferindo dos demais. No 6º e 9º dia de avaliação as concentrações de 20 e 25% apresentaram maiores valores de peroxidação. Ainda no 9º dia observou-se menor peroxidação nas hastes com 15% de sacarose. A maior concentração do peróxido de hidrogênio (Figura 5 B) é significativa a partir do 6º dia após a aplicação dos tratamentos apenas na concentração de 25% de sacarose.

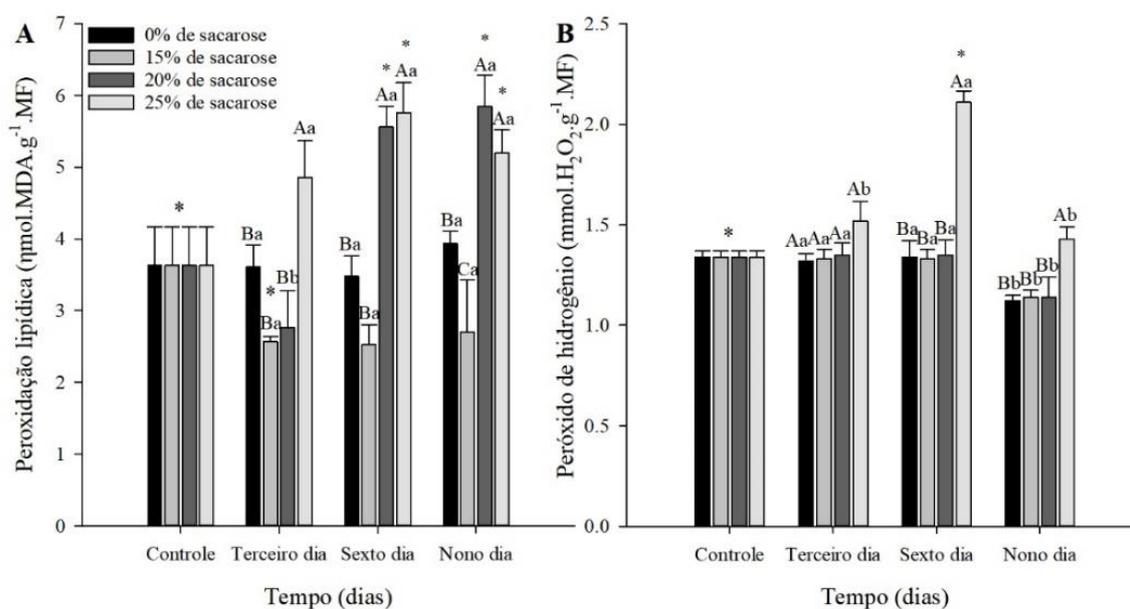


Figura 5. (A) peroxidação lipídica (B) peróxido de hidrogênio das hastes florais de bastão-do-imperador submetidas as diferentes concentrações de sacarose em relação ao tempo pós-colheita. Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula comparando as concentrações de sacarose e minúscula comparando o

tempo (dias), não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade de erro. Asterisco (*) Diferem do controle pelo teste de Dunnett a 5 % de probabilidade de erro. Barras representam erro padrão.

Durante o processo de senescência das hastes e a ocorrência de estresse, a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs), como o peróxido de hidrogênio e ânions superóxido aumentam (FERNANDO-SANTOS et al., 2020). Entretanto, para as hastes de bastão-do-imperador, o aumento de H_2O_2 está correlacionado diretamente com o estresse causado pela maior concentração de sacarose já que as demais não apresentaram este aumento quando se deu o início da senescência.

O acúmulo dessas moléculas na célula causa estresse oxidativo e danos às membranas e macromoléculas, levando à morte da planta. Concentrações elevadas de substâncias aplicadas no pulsing, assim como foi aplicado sacarose em pulsing para hastes do bastão-do-imperador, pode promover efeitos negativos relacionados a características de qualidade visual. Estes efeitos estão diretamente relacionados com o aumento de peróxido de hidrogênio e radicais livres de oxigênio que podem induzir estresse (POURZARNEGAR et al., 2020).

As hastes de bastão-do-imperador submetidas ao pulsing de 20% e 25% de sacarose aumenta a peroxidação lipídica devido a superprodução de radicais e estresse oxidativo e como consequência causa danos nos tecidos e reduz a vida de vaso. O aumento da peroxidação lipídica constata o estresse induzido pela maior concentração de sacarose testada devido a produção de H_2O_2 que conseqüentemente ativa o sistema antioxidante enzimático e não enzimático (POURZARNEGAR et al., 2020).

Os resultados obtidos através da técnica de eletroforese mostram que as hastes florais de bastão-do-imperador não expressam atividade da superóxido dismutase (SOD) e Catalase (CAT) independente do tratamento e também se destaca essa ausência de expressão no controle que representa o momento de coleta das hastes.

O sistema antioxidante desempenha um papel essencial em impedir o efeito oxidativo advindo das EROs nas plantas. Seu aumento retarda a senescência devido à quebra de EROs que degrada lipídios, proteínas e ácidos nucleicos (POURZARNEGAR et al., 2020).

Fernando-Santos et al (2020) pesquisaram o efeito de diferentes concentrações de sacarose para o pulsing de *Polianthes tuberosa* L. e verificaram também pela técnica de eletroforese que diferente das hastes de bastão-do-imperador, existe atividade da CAT, entretanto, esta enzima teve baixa atividade e não altera durante o processo de senescência.

A SOD é geralmente encontrada em cloroplastos, peroxissomos, mitocôndrias e citossol, sendo esta enzima, responsável em reduzir o ânion superóxido em H_2O_2 e O_2 (FERNANDO-SANTOS et al., 2020). Dessa forma, sugere-se que o tempo curto de vida de vaso das hastes do bastão-do-imperador tenha correlação direta com a ausência de expressão destas enzimas e por isso a perda de qualidade ocorre de forma rápida iniciando no 6º dia.

No 3º dia após a coleta, as hastes submetidas aos tratamentos com sacarose apresentaram maiores médias de proteínas (Figura 6 A), independente da concentração, diferindo do tratamento controle. Essa diferença se manteve até o 9º dia de avaliação. Observou-se ao longo do período de condicionamento que não houve consumo das proteínas presentes nas hastes de bastão-do-imperador, independente do tratamento.

Os açúcares solúveis totais (Figura 6 B) foram consumidos logo no início do condicionamento, com queda de 50% da quantidade no 3º dia de avaliação, após esse período, mantiveram valores semelhantes, com exceção do tratamento condicionado apenas com água aos nove dias. Os açúcares redutores (Figura 6 C) apresentaram padrão semelhante de resposta, sendo consumidos no 3º dia de avaliação, com menor consumo apresentado no tratamento com 25% de sacarose. Mantiveram valores constantes aos seis dias para todos os tratamentos e na última avaliação o tratamento controle apresentou maior consumo diferindo dos tratamentos com sacarose.

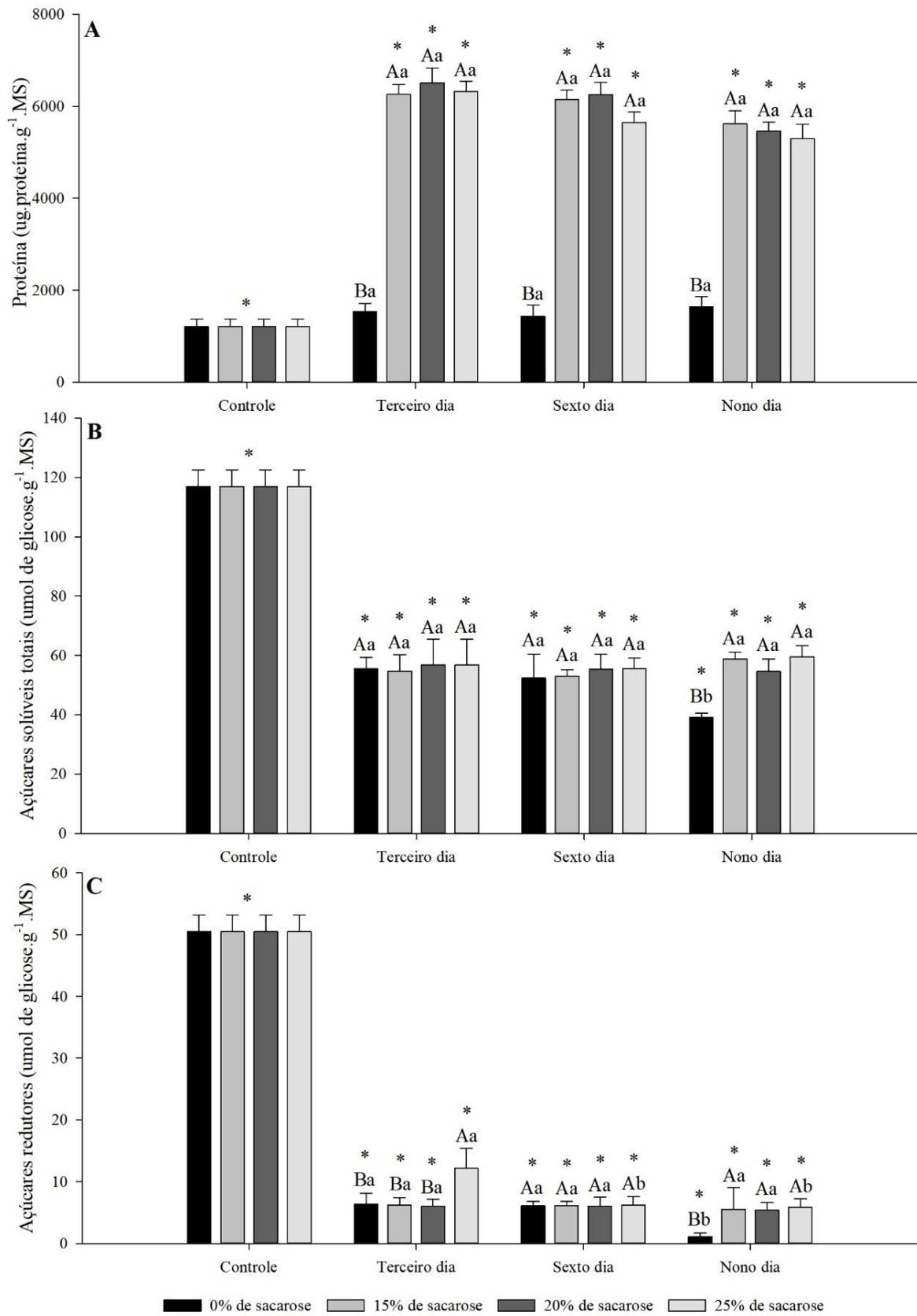


Figura 6. (A) Proteínas, (B) açúcares solúveis totais e (C) açúcares redutores das hastes florais de bastão-do-imperador submetidas as diferentes concentrações de sacarose em relação ao tempo pós-colheita. Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula comparando as concentrações de sacarose e minúscula comparando o tempo (dias), não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade de erro. Asterisco (*) Diferem do controle pelo teste de Dunnett a 5 % de probabilidade de erro. Barras representam erro padrão.

Já é de conhecimento que o processo de senescência ocorre devido a mobilização e consumo de reservas ao longo do tempo de vida de vaso. Também é comum que algumas reservas aumentem seu conteúdo como forma de evitar a senescência, entretanto, logo é consumida e assim ocorre uma redução (MATTOS et al., 2018). Para o bastão-do-imperador, é possível concluir que os açúcares são as primeiras fontes de mobilização de reserva logo após colhidas. Já as proteínas presentes nas hastes do bastão-do-imperador não foram mobilizadas durante o processo de senescência como evidenciado pelo tratamento controle, e devido ao pulsing, ocorre um aumento significativo desta molécula após a colheita das hastes que também não é consumida.

O aumento da porcentagem de flor verdadeira de bastão-do-imperador nas duas maiores concentrações de sacarose está diretamente relacionado com a abertura da inflorescência e como consequência relacionada à expansão celular. Dessa forma, para que as células se expandam é necessário gasto de energia que vem da quebra das moléculas como os açúcares redutores que já estão disponíveis para o uso e os açúcares solúveis que são fontes de reserva (MATTOS et al., 2018).

O conteúdo de açúcares também está diretamente relacionado com a taxa de absorção e teor de água uma vez que a mobilização dessas reservas não altera apenas a respiração celular, mas também, altera o potencial osmótico e o influxo de água que mantem o potencial de pressão que são fenômenos envolvidos na abertura floral e início da senescência (MATTOS et al., 2018; FERNANDO-SANTOS et al., 2020).

O consumo destas moléculas após o corte das hastes de bastão-do-imperador é evidenciado uma vez que o conteúdo reduz de forma significativa. Também é evidenciado que o pulsing de sacarose auxilia no conteúdo destas reservas uma vez que o tratamento controle consome os açúcares disponíveis quando comparado nos diferentes tempos e os demais tratamentos mantem o conteúdo dos açúcares constante após a colheita.

4. CONCLUSÕES

O pulsing com 20% e 25 % de sacarose acelera o surgimento das flores verdadeiras e assim aumenta, inicialmente, a taxa de absorção e massa fresca das hastes. Estas concentrações também aumentam a peroxidação lipídica reduzindo assim a qualidade visual das hastes de bastão-do-imperador.

A realização da prática de pulsing aumenta as reservas de proteína e as primeiras reservas a serem utilizadas pelas hastes de bastão-do-imperador são os açúcares. Após a colheita, hastes de bastão-do-imperador não possuem expressão das enzimas SOD e CAT.

Dessa forma, recomenda-se a realização do pulsing com 15% de sacarose para hastes de bastão-do-imperador que mantiveram maior qualidade visual. Ressalta-se que utilizando esta concentração, as hastes permaneceram viáveis para comercialização até nove dias pós-colheita.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALKAÇ, O. S.; ÖCALAN, O. N.; GÜNEŞ, M. The effect of some solutions on the vase life of star flowers. **Ornamental Horticulture**, v. 26, p. 607-613, 2020. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v26i4.2184>

ARAÚJO, P. G. P. D.; ALBUQUERQUE FILHO, J. C. C. D.; SILVA, S. S. L.; CASTRO, C. E. F. D.; GONÇALVES, C.; LOGES, V. Caracterização e seleção de bastão-do-imperador para flor de corte. **Ornamental Horticulture**, v. 24, n. 4, p. 371-379, 2018. <https://doi.org/10.14295/oh.v24i4.1207>

BRADFORD, M. M. Um método rápido e sensível para a quantificação de quantidades de microgramas de proteína utilizando o princípio da ligação proteína-corante. **Bioquímica analítica**, v. 72, n. 1-2, p. 248-254, 1976.

BUEGE, J. A.; AUST, S. D. [30] Microsomal lipid peroxidation. **In Methods in enzymology**, v. 52, p. 302-310, 1978. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(78\)52032-6](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(78)52032-6)

CARNEIRO, D. N. M.; DE OLIVEIRA PAIVA, P. D.; CARNEIRO, L. F.; DE SOUZA RODRIGUES, R.; CARLOS DE OLIVEIRA LIMA, L.; DIAS, G. D. M. G.; PEDROSO, R. G. A. V. Developmental stage and pulsing in inflorescences of torch ginger. **Ornamental Horticulture**, v. 20, n. 2, p. 163-170, 2014. <https://doi.org/10.14295/rbho.v20i2.578>

COELHO, L. L.; CARNEIRO, D. N. M.; PAIVA, P. D. D. O.; CARNEIRO, L. F. Preservative solutions and pulsing on *Zingiber spectabile* postharvest. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 4, p. 482-485, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632012000400016>

COSTA, L. C.; DE ARAUJO, F. F.; RIBEIRO, W. S.; DE SOUSA SANTOS, M. N.; FINGER, F. L. Fisiologia pós-colheita de flores de corte. **Ornamental Horticulture**, v. 27, p. 374-385, 2021. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v27i3.2372>

FERNANDO-SANTOS, S. L.; PÉREZ-ARIAS, G. A.; ALIA-TEJACAL, I.; ZALDÍVAR, C. P.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, V.; JUÁREZ-LÓPEZ, P.; SÁNCHEZ-GUILLÉN, D. Pulsing on the postharvest physiology of two cultivars of *Polianthes tuberosa* L. **Ornamental Horticulture**, v. 27, p. 60-67, 2020. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v27i1.2234>

FERREIRA, D. F. Sisvar: um guia dos seus procedimentos de comparações múltiplas Bootstrap. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>

KRAUSE, M. R.; SANTOS, M. N. D. S.; MOREIRA, K. F.; TOLENTINO, M. M.; MAPELI, A. M. Aumento da vida de vaso de flores de corte de *Lilium pumilum* por solução pulsante contendo sacarose, ácido cítrico e tiosulfato de prata. **Ornamental Horticulture**, v. 27, p. 344-350, 2021. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v27i3.2330>

LAGO, R. C.; DE OLIVEIRA, A. L. M.; DIAS, M. C.; DE CARVALHO, E. E. N.; TONOLI, G. H. D.; BOAS, E. V. D. B. V. Obtaining cellulosic nanofibrils from oat straw for biocomposite reinforcement: Mechanical and barrier properties. **Industrial Crops and Products**, v. 148, p. 112264, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112264>

MATTOS, D. G.; PAIVA, P. D. D. O.; ELIAS, H. H. D. S.; BOAS, E. V. D. B. V.; RODRIGUES, L. F.; LAGO, R. C. D. Amido e açúcares solúveis totais em pós-colheita de inflorescências de bastão-de-imperador. **Ornamental Horticulture**, v. 24, n. 4, p. 435-442, 2018. <https://doi.org/10.14295/oh.v24i4.1205>

MATTOS, D. G.; PAIVA, P. D. D. O.; MUNDIM, A. S.; REIS, M. V. D.; NERY, E. M.; ARAÚJO, N. A. F.; BRITTO, J. M.; SILVA, D. P. C. D. Digital images and in-person evaluation of Anthurium ‘Tropical’ postharvest quality. **Ornamental Horticulture**, v. 26, p. 166-176, 2020. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v26i2.2123>

MENEGAES, J. F.; NUNES, U. R.; BELLÉ, R. A.; BACKES, F. A. A. L. Pós-colheita de hastes florais de cártamo em diferentes soluções conservantes. **Acta Iguazu**, v. 9, n. 2, p. 67-80, 2020. <https://doi.org/10.48075/actaiguaz.v9i2.23328>

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959. <https://doi.org/10.1021/ac60147a030>

NASCIMENTO, Â. M. P. D.; PAIVA, P. D. D. O.; MANFREDINI, G. M.; SALES, T. S. Efeito do pulsing em hastes cortadas de girassol ornamental 'Sunbright Supreme' em diferentes estádios de desenvolvimento. **Ornamental Horticulture**, v. 25, n. 2, p. 149-157, 2019. <https://doi.org/10.14295/oh.v25i2.1991>

POURZARNEGAR, F.; HASHEMABADI, D.; KAVIANI, B. Nitrato de cério e ácido salicílico na vida de vaso, peroxidação lipídica e atividade de enzimas antioxidantes em flores cortadas de lisianthus. **Ornamental Horticulture**, v. 26, n. 4, p. 658-669, 2020. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v26i4.2227>

SALES, T. S.; PAIVA, P. D. D. O.; MANFREDINI, G. M.; NASCIMENTO, Â. M. P. D.; REIS, M. V. D. Water relations in cut calla lily flowers maintained under different postharvest solutions. **Ornamental Horticulture**, v. 27, p. 126-136, 2021. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v27i2.2235>

SANTOS, M. H. L. C.; SANTOZ, E. E. F.; LIMA, G. P. P. Soluções conservantes em sorvetão pós-colheita. **Ciência Rural**, v. 38, p. 2354-2357, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000800041>

SILVA NETA, I. C.; VON PINHO, É. V. D. R.; DE ABREU, V. M.; VILELA, D. R.; SANTOS, M. C.; DOS SANTOS, H. O.; FERREIRA, R. A. D. C.; VON PINHO, R. G.; DE CASTRO VASCONCELLOS, R. C. Gene expression and genetic control to cold tolerance during maize seed germination. **BMC plant biology**, v. 20, n. 1, p. 1-14, 2020. <https://doi.org/10.1186/s12870-020-02387-3>

VELIKOVA, V.; YORDANOV, I.; EDREVA, A. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants: protective role of exogenous polyamines. **Plant science**, v. 151, n. 1, p. 59-66, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(99\)00197-1](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(99)00197-1)

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. Estimativa de carboidratos em extratos vegetais por antrona.
Revista Bioquímica, v. 57, n. 3, p. 508-514, 1954.

ARTIGO 2 – Efeito fisiológico do condicionamento a seco de hastes florais de bastão-do-imperador

RESUMO

O condicionamento em solução desde a colheita até o armazenamento é o método pós-colheita mais utilizado para garantir a qualidade e durabilidade das hastes. Entretanto, para algumas espécies, é recomendando um período de condicionamento a seco antes do pulsing de sacarose. O condicionamento a seco e posteriormente a reidratação são técnicas que tem o objetivo de aumentar a durabilidade das hastes florais através do equilíbrio do potencial osmótico das hastes e para o produtor, traz benefícios em relação ao custo da produção. Por isso, objetivou-se avaliar a qualidade e durabilidade pós-colheita de bastão-do-imperador com diferentes tempos de condicionamento a seco. Para isso, hastes de bastão-do-imperador foram coletadas e colocadas em condicionamento a seco nos diferentes períodos de 0h (controle); 3h; 6h; 12h; 24h. Após este período, as hastes passaram por pulsing de sacarose por 24h e posteriormente dispostas em água. A cada 3 dias foram avaliados qualidade visual, porcentagem de flor verdadeira, taxa de absorção, teor de água, massas fresca e seca e parâmetros colorimétricos. Também foram realizadas avaliações relacionadas com o conteúdo de pigmentos, bioquímicas do sistema antioxidante e de macromoléculas. O condicionamento a seco com mais de 12h não é recomendando pois resultou na perda de qualidade e durabilidade e também adiantou o processo de senescência para as hastes do bastão-do-imperador, uma vez que após este período é evidenciado a redução na taxa de absorção e quebra de pigmentos. Além disso, é evidenciado o aumento de H₂O₂ e peroxidação lipídica. Outro fato relacionado com a senescência foi o consumo de reservas de açúcares e proteína. Recomenda-se que as hastes colhidas sejam imediatamente hidratadas, uma vez que, as alterações fisiológicas causadas pelo condicionamento a seco refletem de forma negativa na qualidade e durabilidade pós-colheita.

Palavras-chave: *Etilingera elatior*; estresse hídrico; floricultura; pós-colheita.

ABSTRACT

Conditioning in solution from harvest to storage is the most used post-harvest method to guarantee the quality and durability of the stems. However, for some species, a period of dry conditioning is recommended before pulsing sucrose. Dry conditioning and subsequent rehydration are techniques that aim to increase the durability of floral stems by balancing the osmotic potential of the stems and, for the producer, brings benefits in relation to the cost of production. Therefore, the objective was to evaluate the postharvest quality and durability of torch ginger with different dry conditioning times. For this, torch ginger stems were collected and placed in dry conditioning at different periods of 0h (control); 3h; 6h; 12h; 24h After this period, the stems were pulsed with sucrose for 24 hours and then placed in water. Every 3 days, visual quality, percentage of true flower, absorption rate, water content, fresh and dry mass and colorimetric parameters were evaluated. Evaluations related to the content of pigments, biochemistry of the antioxidant system and macromolecules were also carried out. Dry conditioning for more than 12 hours is not recommended as it resulted in loss of quality and durability and also advanced the senescence process for the torch ginger stems, since after this period a reduction in the rate of absorption and breakdown of pigments is observed. In addition, there is evidence of an increase in H_2O_2 and lipid peroxidation. Another factor related to senescence was the consumption of sugar and protein reserves. It is recommended that the harvested stems are immediately hydrated, since the physiological changes caused by dry conditioning have a negative impact on post-harvest quality and durability.

Keywords: *Etlingera elatior*; hydric stress; floriculture; post-harvest.

1. INTRODUÇÃO

As práticas pós-colheita são processos que objetivam a manutenção da qualidade, aumento da durabilidade e redução de perdas das hastes florais, sendo o condicionamento, se realizado de forma adequada, um processo necessário para alcançar este objetivo (CARNEIRO et al., 2014).

Em relação ao condicionamento das hastes de bastão-do-imperador, é recomendado que a colheita seja realizada pela manhã, de forma cuidadosa já que ainda é feita de forma manual e levadas rapidamente para o beneficiamento. Durante todo esse processo, é recomendado que hastes de bastão-do-imperador permaneçam imersas em água para manter a hidratação (LOGES et al., 2008). O condicionamento em solução desde a colheita até o armazenamento é o método mais utilizado, mas apresenta as desvantagens de dificultar o dinamismo da colheita e de ocupar um grande espaço dentro da câmara fria ao contrário do condicionamento a seco (ALMEIDA et al., 2011).

Dessa forma, o condicionamento a seco é uma opção a ser explorada já que para algumas espécies, como por exemplo o gladiolo, existe a tolerância das hastes em relação a ausência de água. Uma vez que ocorre a hidratação imediata, é iniciado a abertura da flor, acelerando a maturação e comprometendo a qualidade, justificando assim, a necessidade do condicionamento a seco que irá impedir a abertura floral e conseqüentemente prolonga a durabilidade da haste. Entretanto, o condicionamento a seco por um longo período de tempo, como acima de 36h para o gladiolo, pode ser danoso causado estresse fisiológico e injúrias (COSTA et al., 2017).

Esta prática também é possível de ser realizada para copo-de-leite. Estudos recomendam que o condicionamento a seco por até 6 dias também pode ser utilizado, entretanto, é necessário pré-tratamento de imersão das hastes em sacarose ou água por 1 hora (ALMEIDA et al., 2011). O condicionamento a seco pode não ser possível para muitas espécies, uma vez que, é de conhecimento que a murcha e senescência das hastes florais estão intimamente relacionadas ao déficit hídrico, que é causado por reduções contínuas na captação de água sendo capaz de causar estresse e conseqüentemente altera a fisiologia da haste (COSTA et al., 2021).

O condicionamento a seco e posteriormente a reidratação são técnicas que tem o objetivo de equilibrar o potencial osmótico das hastes, entretanto, em período prolongado pode afetar a qualidade em conseqüência do estresse hídrico. O estresse hídrico por escassez de água

ocorre quando a taxa de absorção de água é menor do que a taxa de transpiração da haste. Como consequência, ocorre a baixa condutância hidráulica, crescimento microbiano, formação de bolhas de ar, deposição de suberina e lignina nos vasos do xilema e deposição de pectina e fenóis. Sendo estes os principais fatores que afetam negativamente a qualidade pós-colheita de hastes limitando a qualidade e durabilidade (COSTA et al., 2017; SALES et al., 2021).

Além do exposto, o processo de colheita pode ser oneroso uma vez que os produtores têm a preocupação de manter as hastes hidratadas a todo momento a partir do corte das hastes. Por isso, objetivou-se avaliar a qualidade e durabilidade pós-colheita de bastão-do-imperador com diferentes tempos de condicionamento a seco. Também objetivou-se elucidar se esta espécie é tolerante a períodos sem imersão em água; se o condicionamento a seco altera a fisiologia e bioquímica das hastes florais e se essas alterações são consequências de um estresse.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Locais de experimentação

Os experimentos pós-colheita foram conduzidos no Setor de Floricultura e Paisagismo (Departamento de Agricultura) e as análises bioquímicas enzimáticas e não enzimáticas foram realizadas no Setor de Fisiologia Vegetal (Departamento de Biologia) e no Setor de Sementes (Departamento de Agricultura).

2.2. Avaliação de tempos de armazenamento sem água

Para o experimento foram utilizadas hastes florais de *Etilingera elatior* cv. 'Porcelana' cultivadas no setor de Paisagismo e Floricultura da Universidade Federal de Lavras. Foram selecionadas inflorescências com ponto semi-aberto de abertura (MATTOS et al., 2018) sem a presença de flores verdadeiras. Após a colheita, as inflorescências foram higienizadas, as hastes padronizadas em 45 cm, com 1,2 cm + 2 mm de diâmetro e peso médio de 290 g. Os tratamentos consistem em períodos de condicionamento sem água após a colheita e antes do pulsing, nos tempos de 0h (controle), 3h, 6h, 12h e 24h. Após o condicionamento a seco, as hastes foram colocadas em solução de 15% de sacarose por 24h e após esse período foram transferidas para recipientes contendo 1 L de água destilada, totalmente vedados, mantidos a uma temperatura de 21 °C em um ambiente escuro com umidade relativa do ar de 70%.

2.3. Qualidade comercial das hastes florais

Para análise da qualidade visual das inflorescências de bastão-do-imperador foram atribuídas notas determinadas por 3 avaliadores até o décimo primeiro dia de avaliação, com base nos critérios de Carneiro et al. (2014).

Tabela 1. Critério de avaliação da qualidade visual de inflorescências de bastão-do-imperador por atribuição de notas.

NOTAS	CONCEITOS	DESCRIÇÃO
4	EXCELENTE	Haste e inflorescências túrgidas, brácteas com brilho e Coloração característica.
3	BOM	Início da perda de turgescência (somente sensível ao tato); com ou sem o início do desbotamento e/ou murcha das bordas das brácteas e hastes.
2	REGULAR	Declínio das brácteas pela perda visível da turgescência e brilho da inflorescência e da haste. Bordos das brácteas com aspecto encharcado.
1	RUIM	Perda da turgescência pronunciada das brácteas e/ou hastes, bordos das brácteas translúcidas, parte central da inflorescência amolecida.
0	PÉSSIMO	Descarte: brácteas moles e/ou secas e/ou aspecto encharcado, com apodrecimento da parte central da inflorescência, e abscisão das brácteas.

Fonte: Carneiro et al. (2014)

Além da qualidade visual, também foram avaliados a porcentagem de hastes com flores verdadeiras que surgiram após a colheita, taxa de absorção por inflorescência, as massas fresca (g) e seca (g) das hastes de bastão-do-imperador a partir de balança analítica de precisão e os teores de água (%). A taxa de absorção foi obtida pela determinação do volume de água consumida, em mL/haste/dia e os teores de água (%) foram determinados através da fórmula $[(\text{massa fresca (g)} - \text{massa seca (g)}) / \text{massa fresca (g)}] \times 100\%$ (SALES et al., 2021).

2.4. Análises colorimétricas

Com o intuito de acompanhar as mudanças visuais de forma quantitativa e também com a finalidade de comparação com os resultados das avaliações visuais, foi utilizado o colorímetro (Konica Minolta®, CM-5, Osaka, Japão), em um ângulo de 10° de view e iluminante D65 (luz do dia). Foram mensuradas 3 brácteas totalmente expandidas de cada inflorescência, posicionadas na segunda fileira mais externa posicionando o colorímetro na porção mediana da bráctea. Foram mensurados os parâmetros a* (adimensional) referente aos comprimentos de onda das cores vermelha (valores positivos) e verde (valores negativos); b* (adimensional) referente aos comprimentos de onda das cores amarela (valores positivos) e azul (valores negativos); L* (adimensional) que se refere à luminosidade da amostra (quanto mais positivo, mais clara é a amostra; quanto mais negativo, mais escura); o parâmetro Chroma (adimensional) que corresponde à pureza da cor: quanto mais forte e brilhante é a cor, mais afastado está da origem das coordenadas; o Hue (graus) corresponde à tonalidade (LAGO et al., 2020).

2.5. Quantificação de carotenoides e antocianinas

Foram coletadas amostras para quantificação do conteúdo de carotenoides ($\mu\text{g g}^{-1}$ MF), por meio de amostras de 0,2 g de massa fresca extraídos em acetona 80%. A partir dos extratos, foi determinada a concentração de carotenoides utilizando um espectrofotômetro no comprimento de onda de absorvância em 470, 646,8 e 663,2 nm com base na equação (LICHTHENTHALER; WELLBURN, 1983):

$$\text{Carotenoides totais} = [1000\text{ABS}_{470} - 1,82(12,25\text{ABS}_{663,2} - 2,79\text{ABS}_{646,8}) - 85,02(21,50\text{ABS}_{646,8} - 5,10\text{ABS}_{663,2})]198$$

Em que: ABS = absorvância

Para a extração de antocianinas, 1 g de amostra foi pesado e triturado, e em seguida, foi adicionado 30 mL de de solução extratora etanol 95% + HCl 1,5 N na proporção 85:15. As

amostras foram homogeneizadas e filtradas, e as leituras realizadas a 535 nm de acordo com a equação (FRANCIS, 1982):

$$\text{Antocianina} = (\text{ABS}_{535} \times \text{fator de diluição}) / 98,2$$

Em que: ABS = absorvância

2.6. Quantificação de peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica

Amostras de 0,2 g de brácteas totalmente expandidas posicionadas na segunda fileira mais externa de cada inflorescência foram maceradas em nitrogênio líquido acrescido de 20% de PVPP (m/v), homogeneizadas em 1,5 mL de ácido tricloroacético (TCA) 0,1% (m/v) e centrifugadas a 12.000 g por 15 minutos a 4 °C. O peróxido de hidrogênio (H₂O₂) foi determinado medindo-se a absorvância a 390 nm em um meio de reação contendo tampão fosfato de potássio 100 mM com pH 7,0 e iodeto de potássio 1 M (VELIKOVA et al., 2000).

A peroxidação lipídica foi determinada por meio da quantificação de espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico, conforme descrito por Buege e Aust (1978). Amostras de 0,2 g de foram maceradas em nitrogênio líquido acrescido de 20% de PVPP (m/v) e homogeneizadas em 1,5 mL TCA 0,1% (m/v). O homogeneizado foi centrifugado a 12.000 g, por 15 minutos a 4 °C. Alíquotas de 250 µL do sobrenadante foram adicionadas ao meio de reação de ácido tiobarbitúrico (TBA) 0,5% (m/v) e 10% (m/v) de TCA, incubando-se, em seguida, a 95°C por 30 minutos. A reação foi paralisada por resfriamento rápido em gelo e as leituras foram determinadas em espectrofotômetro, a 535 nm e 600 nm.

2.7. Análises proteômicas

A expressão das atividades enzimáticas da superóxido desmutase (SOD) e catalase (CAT) foram realizadas pela técnica de eletroforese, extraindo 1g de matéria fresca (MF) em tampão Tris HCl 0,2 M pH 8,0 + 0,1% de beta-mercaptoetanol para SOD e CAT. O material foi homogeneizado em vortex e mantido por 12 horas em geladeira, seguido de centrifugação a 14.000 rpm por 30 minutos a 4 °C. A corrida eletroforética foi realizada em sistema descontínuo de géis de poliacrilamida a 7,5% de gel separador e 4,5% de gel concentrador. O tampão de

corrida utilizado foi o Tris-glicina pH 8,9. Foram aplicados 60 µL do sobrenadante das amostras no gel e a corrida eletroforética foi realizada a 150 V por 5 horas. Terminada a corrida, os géis foram revelados para as enzimas SOD e CAT conforme Silva Neta et al. (2020), com modificações.

2.8. Determinação do teor de açúcares solúveis totais, açúcares redutores e proteínas

Para a avaliação de macromoléculas do metabolismo primário foram extraídos 0,2 g de massa seca juntamente com tampão fosfato de potássio 0,1 M (pH 7,0), foram levados ao banho-maria por 30 min à 40°C, logo em seguida o extrato foi centrifugado a 10.000 G durante 20 min, sendo o sobrenadante coletado e o processo de centrifugação repetido após adição de mais tampão, logo após a nova coleta do sobrenadante o material foi armazenado à -80°C. Para a quantificação das biomoléculas açúcares solúveis totais, açúcares redutores e proteínas foram utilizados métodos espectrofotométricos da Antrona, Ácido Dinitrosalicílico (DNS) e Bradford cujos protocolos foram inicialmente recomendados, respectivamente, por Yemm e Willis (1954); Miller (1959) e Bradford (1976), todos com modificações.

2.9. Análises estatísticas

O experimento foi replicado duas vezes, utilizando delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, em esquema fatorial (5x5), sendo cinco períodos de condicionamento sem água, e cinco avaliações em dias distintos. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de regressão polinomial de segunda ordem utilizando o programa Sisvar versão 5.6. (FERREIRA, 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizando a escala de senescência, inflorescências com nota abaixo de 3, não possuíam características qualitativas ideais para comercialização, devendo então ser descartadas. Dessa forma, todas as hastes selecionadas foram caracterizadas com notas 4. Entre os diferentes períodos de condicionamento a seco e a inserção no pulsing, as hastes que permaneceram 24h

a seco reduziram a qualidade visual diferenciando das demais que permaneceram com nota máxima. Os resultados são apresentados na Figura 1.

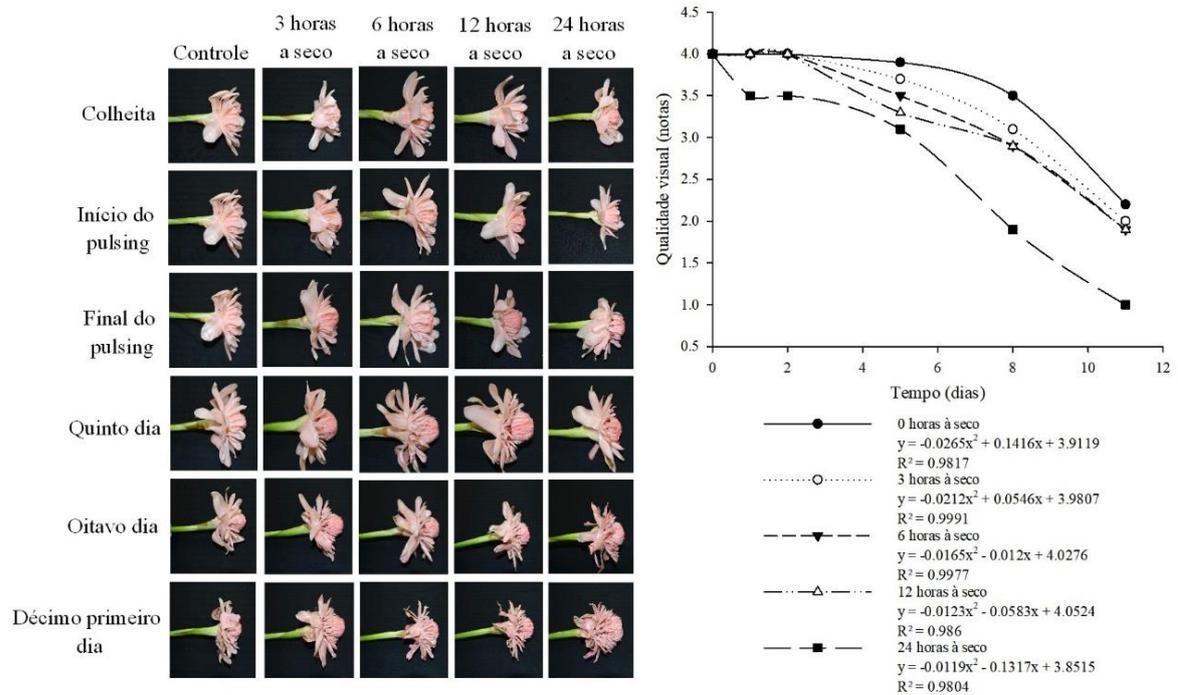


Figura 1. Avaliação visual da qualidade (notas) das hastes florais de bastão-do-imperador submetidas aos diferentes períodos de condicionamento à seco pós-colheita.

No 5º dia de avaliação, todas as hastes ainda estavam viáveis para comercialização uma vez que apresentavam nota superior a 3. Dessa forma, as hastes do tratamento controle permaneceram com a maior nota seguidas das hastes as quais foram condicionadas a seco por 3h, 6h e 12h. As hastes inseridas no tratamento com condicionamento de 24h a seco receberam nota 3, sendo estas, as hastes com menor nota neste dia de avaliação.

No 8º dia, as hastes do tratamento controle foram as que tiveram maior nota seguido pelos tratamentos os quais as hastes permaneceram condicionadas 3h, 6h e 12h a seco recebendo notas entre 3 e 3,5 ainda viáveis para comercialização. Já as hastes que ficaram 24h a seco, receberam nota 2 sendo caracterizadas como inadequadas para a venda.

No 11º dia, todas as hastes já estavam com nota inferior a 3, sendo os tratamentos controle, 3h, 6h e 12h a seco com notas semelhantes variando entre 2 e 2,5, e as hastes com 24h de condicionamento a seco obtiveram nota 1 devido ao alto grau de senescência.

Evidenciar os estágios de senescência das hastes florais e quantificá-los através das notas, permite padronizar e melhorar a programação do cultivo e coleta das hastes assim como sua distribuição levando em conta o tempo de transporte (MATTOS et al., 2020). Dessa forma, é possível evidenciar que as hastes do bastão-do-imperador toleraram até 12h de condicionamento a seco, entretanto, as maiores notas são atribuídas ao tratamento controle.

De acordo com Mattos et al (2020), o ponto ideal de colheita das hastes florais para manter maior longevidade é o semi-aberto o qual não apresenta o desenvolvimento das flores verdadeiras. Dessa forma, todas as hastes de bastão-do-imperador foram coletadas no estágio de abertura recomendado sem a presença de flores verdadeiras (Figura 2).

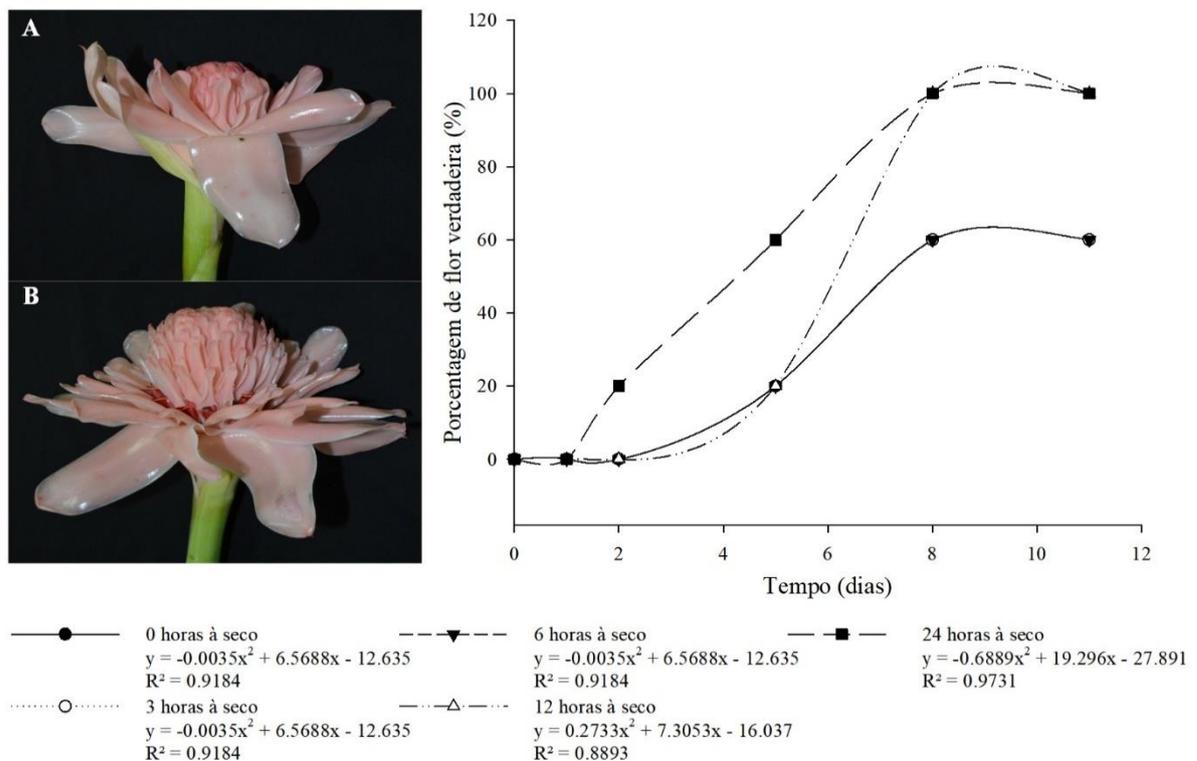


Figura 2. Presença de flor verdadeira (%) das hastes florais de bastão-do-imperador submetidas aos diferentes tempos de condicionamento a seco pós-colheita. (A) haste floral representando as hastes colhidas sem a presença de flor verdadeira. (B) haste floral representando o aparecimento de flor verdadeira ocorrendo nos tratamentos.

Até o momento em que as hastes foram inseridas no pulsing, dois dias após a colheita, não houve o desabrochamento de flores verdadeiras, entretanto, após este período, as hastes que permaneceram 24h em condicionamento a seco foi o tratamento que primeiro apresentou flores

verdadeiras em 20% das hastes. No 5º dia, os demais tratamentos iniciaram o processo de abertura das flores verdadeiras em 20% das hastes, enquanto que no tratamento com 24h a seco cresceu em 60% das hastes.

O comportamento do 8º e 11º dia de avaliação foi semelhante, uma vez que, os tratamentos 12h e 24h a seco chegaram a 100% de hastes com flores verdadeiras enquanto que os demais chegaram no máximo de 60% das hastes com flor verdadeira.

Com um maior tempo de condicionamento a seco, e após a reidratação durante a pós-colheita, as hastes absorveram mais água para promover a abertura das flores verdadeiras e também manter sua massa fresca através da turgidez das células. O fornecimento de água é um dos fatores que afetam o antocrono, ou seja, o intervalo de tempo de abertura entre flores sucessivas em inflorescências, devido ao estresse hídrico e a translocação de açúcares da haste durante a floração (SCHWAB et al., 2014).

O antocrono é um fator importante do ponto de vista comercial, pois quanto maior a velocidade de abertura, mais rápido esta haste precisa chegar ao local de comercialização para evitar perda de qualidade. Hastes florais de gladiolo, assim como as hastes de bastão-do-imperador, também tiveram a abertura sucessiva das flores mais rápido nas hastes que receberam menos água e uma abertura sucessiva mais lenta nas hastes que receberam mais volume de água. (SANTOS et al., 2021).

Estes resultados indicam que a abertura das hastes florais na pós-colheita está associada à disponibilidade de água e é fortemente influenciada pela mecânica de reidratação quando condicionadas a seco (SANTOS et al., 2021). Esta relação é visualizada nas hastes de bastão-do-imperador, uma vez que, a reidratação após os maiores tempos de condicionamento a seco (12h e 24h) aceleram a abertura das flores verdadeiras e são as que perdem qualidade mais rapidamente.

Em relação a taxa de absorção (Figura 3 A), a permanência por 6h, 12h e 24h em condicionamento a seco, induziu a menor absorção de água. No 8º dia, a taxa de absorção reduziu para todos os tratamentos em relação a avaliação anterior e as hastes nos tratamentos controle e 3h se igualaram ao de 6h. As hastes mantidas em condicionamento a seco por 12h e 24h apresentaram menor taxa de absorção em relação aos demais. O 11º dia de avaliação apresentou o mesmo comportamento que o 8º dia.

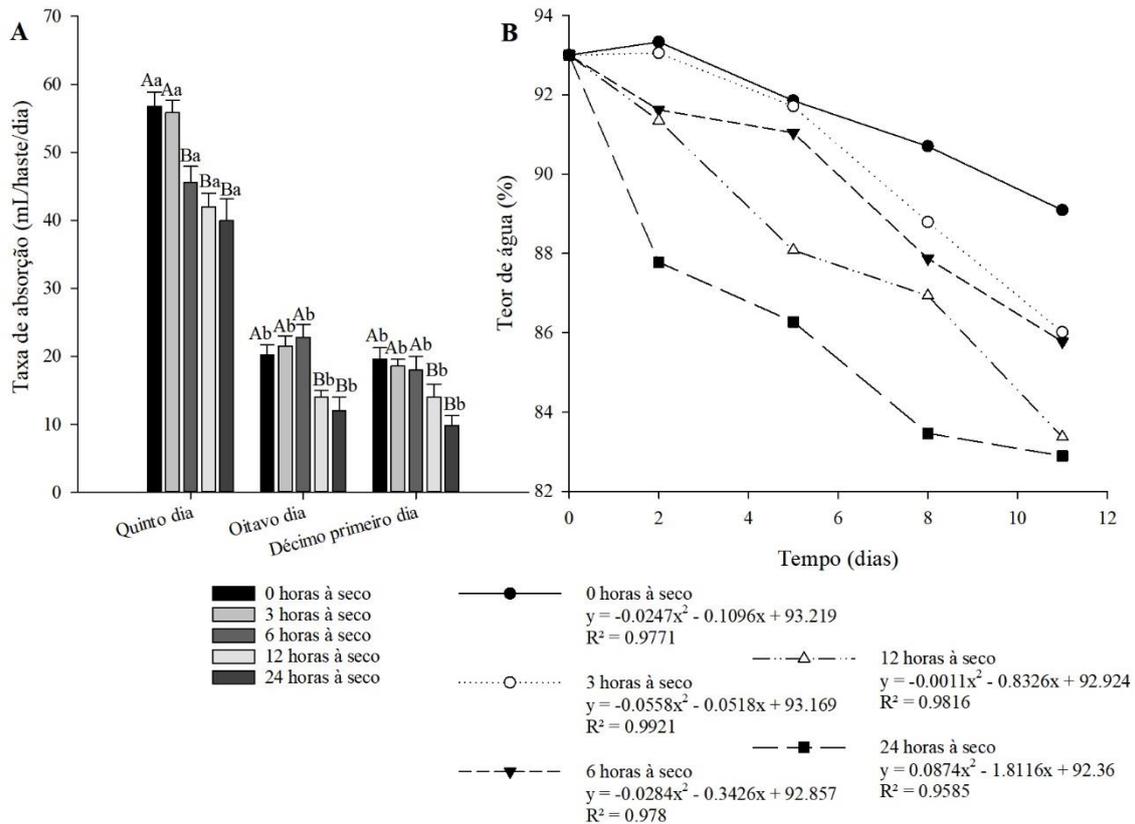


Figura 3. (A) Taxa de absorção (mL/haste/dia) e (B) teor de água (%) das hastes florais de bastão-do-imperador submetidas aos diferentes tempos de condicionamento à seco pós-colheita. Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula comparando os tempos de condicionamento a seco e minúscula comparando o tempo (dias), não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade de erro. Barras representam erro padrão.

Quando colhidas, as hastes do bastão-do-imperador apresentaram teor de água (Figura 3 B) de 93%. Durante o pulsing, as hastes controle e com 3h de condicionamento a seco permaneceram com o mesmo teor de água de quando colhidas, já os tratamentos de 6h e 12h reduziram o teor de água para 91,5% enquanto que o tratamento de 24h teve a maior redução para 88%. Ao decorrer das avaliações, o padrão de redução foi semelhante sendo que todas as hastes perderam água reduzindo a porcentagem de seu teor. Comparando as hastes mantidas nos diferentes tratamentos, as que foram inseridas no controle chegaram ao 11º dia de avaliação com 90% de teor de água sendo está a maior porcentagem, seguido das hastes mantidas nos tratamentos 3h e 6h com 86% e as hastes condicionadas por 12h e 24h apresentaram menor teor de água, inferior a 84%.

O condicionamento a seco é uma técnica que pode causar estresse pelo déficit hídrico o qual acelera o processo de senescência, gasto de reservas e fechamento estomático causando redução na transpiração e acúmulo de CO₂, conseqüentemente estes fatores levam a redução na taxa de absorção de água (PIROLI et al., 2020), assim como foi observado para o bastão-do-imperador, as hastes que permaneceram mais tempo no condicionamento a seco, 12h e 24h, reduziram em maior proporção as taxas de absorção e teor de água e conseqüentemente reduziram a qualidade mesmo passando pela reidratação com pulsing de sacarose.

O turgor da haste floral depende do equilíbrio entre a taxa de absorção e a transpiração junto de alguns processos fisiológicos de transporte, perda de água e a capacidade dos tecidos de retê-la, fatores estes envolvidos no balanço hídrico. A perda de massa pode ser causada pela transpiração, por reduzir a absorção de água que pode ocorrer devido a obstrução do xilema por microrganismos e bolhas de ar ou por fatores geneticamente determinados (SANTOS et al., 2021).

Ao avaliar a massa fresca (Figura 4 A), o comportamento em relação as avaliações são semelhantes sendo as hastes do controle e 3h as que possuíam maior massa, seguido pelas hastes dos tratamentos 6h e 12h, e as hastes submetidas ao tratamento de 24h a seco são as que possuíam menor massa fresca. Ressalta-se que a maior perda de massa para todos os tratamentos foi entre a finalização do pulsing e o 5º dia de avaliação, destacando as hastes mantidas nos tratamentos 6h, 12h e 24h.

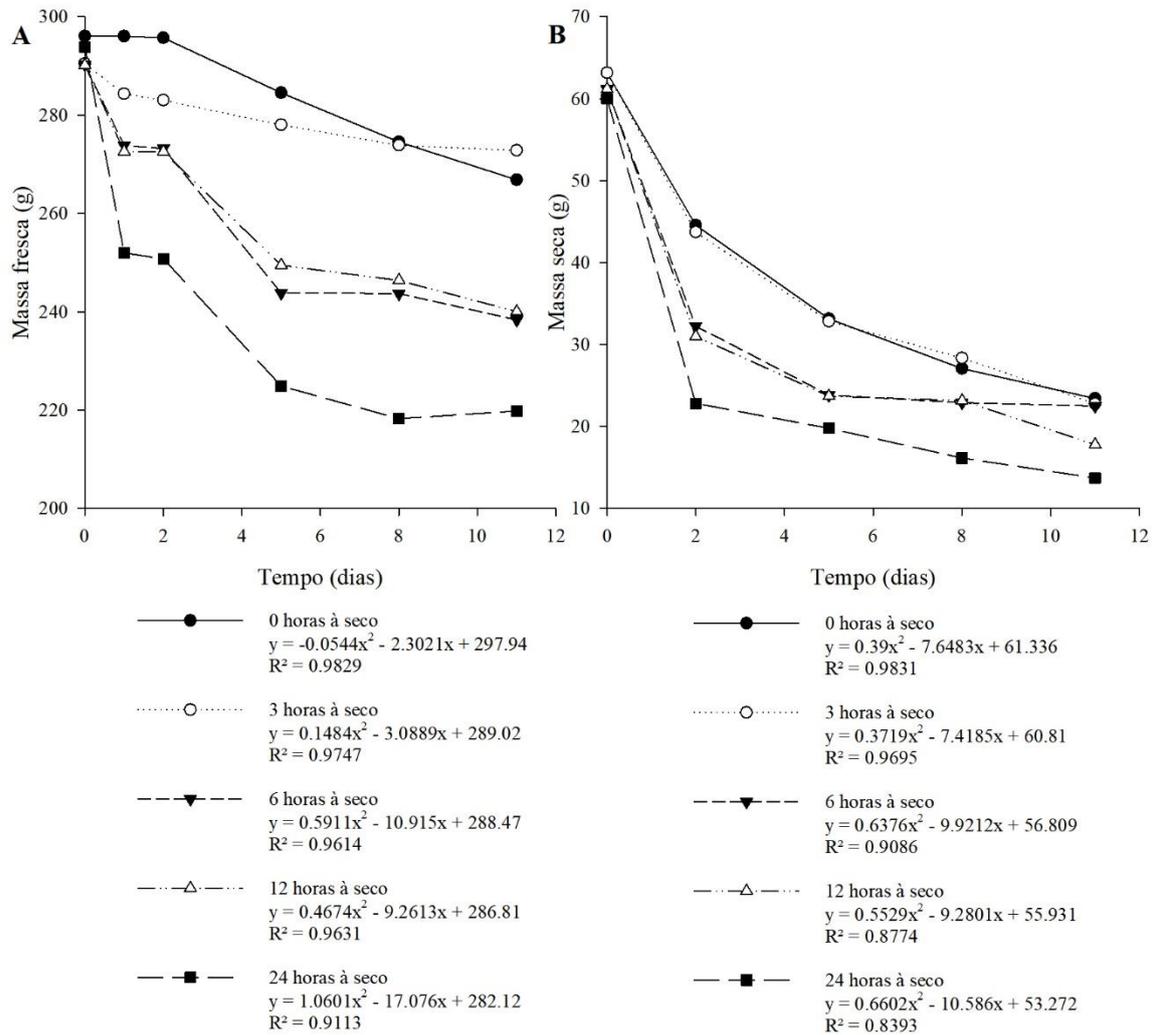


Figura 4. (A) Massa fresca (g) e (B) massa seca (g) das hastes florais de bastão-do-imperador submetidas aos diferentes tempos de condicionamento à seco pós-colheita.

Diferente da massa fresca, a massa seca (Figura 4 B) teve a maior redução para todos os tratamentos entre a colheita e o final do pulsing. Em relação aos tratamentos, o controle e 3h são os que possuíam hastes com maior peso seco seguido pelas hastes mantidas no tratamento de 6h que teve maior massa perdida nas primeiras avaliações e no 5º dia de avaliação mantém a massa constante. As hastes submetidas ao tratamento de 24h são as que possuíam menor massa seca em todas as avaliações.

Estudos indicam que, assim como ocorreu para o bastão-do-imperador, após os primeiros dias de pós-colheita há uma perda de massas fresca e seca das hastes florais. Esta perda de massa ocorre devido à transpiração natural e redução na taxa de absorção pela

condutância hidráulica no xilema, o qual foi intensificada nas hastes que passaram pelo condicionamento a seco, sendo uma das principais causas da perda de turgor contribuindo para a deterioração do produto, assim como foi constatado através da análise da qualidade visual (SANTOS et al., 2021).

Entre os parâmetros avaliados pelo colorímetro, o ângulo h° determina o quadrante de cor em que a amostra se encontra sendo que de 0° a 90° localiza-se dentro do espectro vermelho e as hastes de bastão-do-imperador obtiveram uma média de $40,50^\circ$ justificando a análise do parâmetro a^* e porque a análise do parâmetro b^* não identificou diferença entre os tratamentos e em relação ao tempo (valor de 20,90) uma vez que esta análise corresponde à faixa do azul para valores negativos, e amarelo para valores positivos. O parâmetro C^* obteve uma média de 27,05 não diferindo entre os tratamentos.

As hastes do bastão do imperador apresentaram valores positivos ao mensurar o parâmetro a^* (Figura 5 A) que representa a intensidade da cor vermelha, aumentando os valores em relação ao tempo independente do tempo de condicionamento, indicando a ocorrência do processo de senescência. As hastes mantidas no controle e no tratamento de 3h tiveram comportamento semelhante e são as que tem menor alteração da cor vermelha, seguidos pelas hastes no tratamento de 6h. As hastes submetidas aos tratamentos de 12h e 24h de condicionamento a seco foram as que apresentaram maior alteração da cor vermelha e o maior aumento ocorreu entre o 5º e 8º dia de avaliação podendo estar diretamente ligado com o processo de senescência.

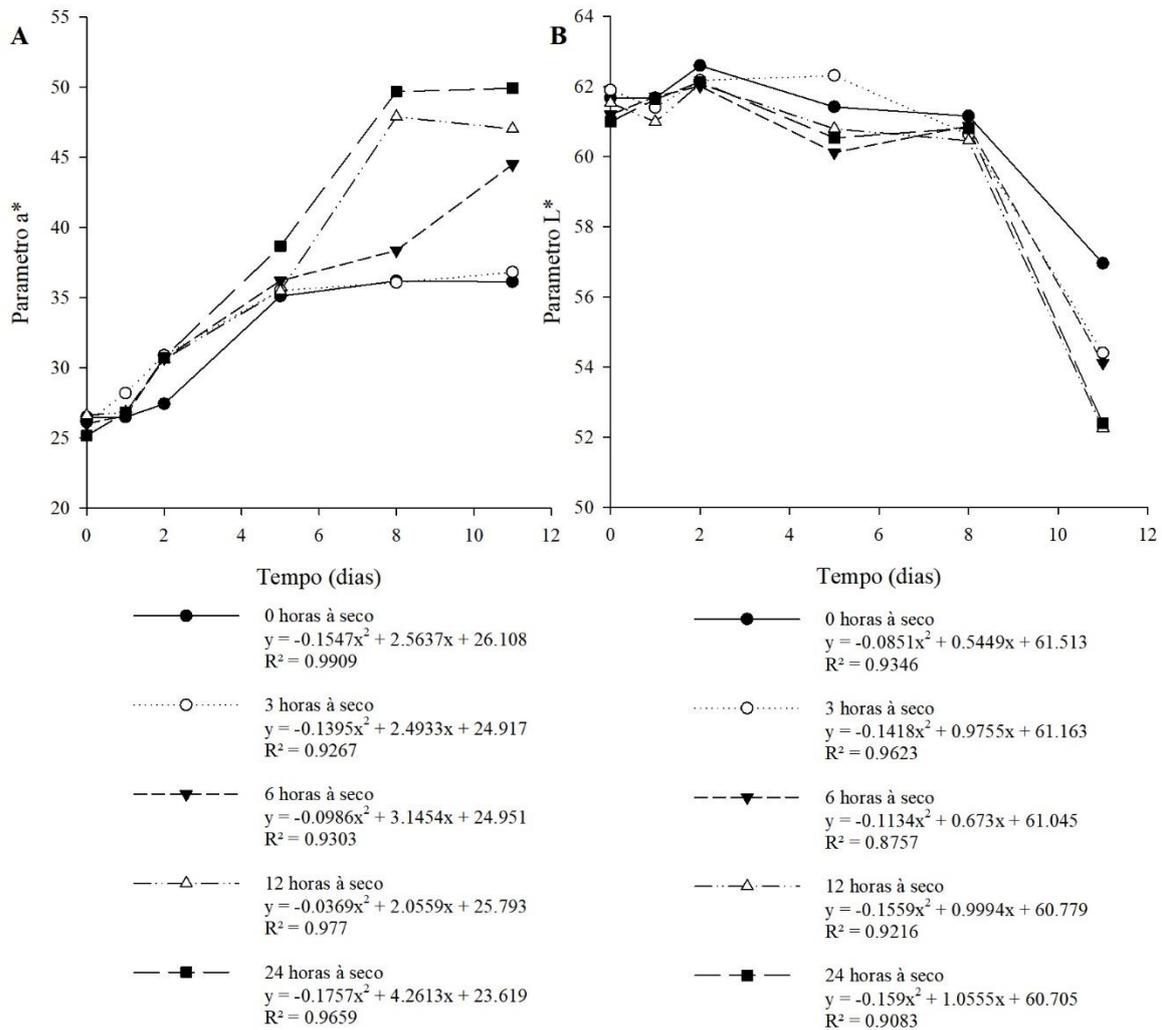


Figura 5. Parâmetros (A) a*(adimensional) e (B) L* (adimensional) das hastes florais de bastão-do-imperador submetidas aos diferentes tempos de condicionamento à seco pós-colheita.

O parâmetro L* (Figura 5 B) transforma a qualidade da luz e brilho em valores quantitativos, dessa forma, as hastes do bastão-do-imperador, independente do tratamento tiveram comportamento semelhante até a 8ª avaliação com valores próximos e constantes desde a colheita. A diferença surge no 11º dia de avaliação quando os valores reduziram significativamente e as hastes submetidas ao condicionamento a seco tem maiores reduções quando comparado ao controle.

É possível correlacionar os parâmetros analisados pelo colorímetro com as notas referentes a qualidade visual, uma vez que as mudanças nos parâmetros a* e L* ocorrem de forma mais severa no 5º e 8º dia respectivamente, momentos estes os quais a qualidade visual

decai e são apresentadas as menores notas as quais chegam a ser inferior ao padrão de comercialização.

As mudanças de coloração podem indicar o estágio de senescência, principalmente por ser tratar de hastes florais assim como foi constatado para o bastão-do-imperador. O aumento da intensidade do vermelho está ligado a oxidação das brácteas, uma vez que a manifestação desta cor está relacionado com a quebra de moléculas, como os açúcares, através de reações com oxigênio (ENDO et al., 2007). A avaliação utilizando colorímetro, permite que estas alterações se tornem perceptíveis aos avaliadores reduzindo o viés subjetivo que pode ser atribuído as notas, tornando as escalas de senescência mais precisas (MATTOS et al., 2020).

A redução do parâmetro L^* das hastes de bastão-do-imperador a partir do 8º dia pós-colheita indica a redução do brilho e o aumento do escurecimento das brácteas devido as injurias causadas pelo estresse e também por causa da senescência. O escurecimento e perda de brilho podem ocorrer devido à perda de água assim como foi evidenciado pelos parâmetros de taxa de absorção, teores de água e massa fresca, levando ao rompimento das células e ao contato com a antocianina, pigmento responsável pela cor vermelha, com enzimas oxidativas resultando na alteração da coloração (MATTOS et al., 2020).

O conteúdo de carotenoide (Figura 6 B) e antocianinas (Figura 6 C) não alterou no período entre a colheita e o final do pulsing, entretanto, entre o final do pulsing e no 5º dia pós-colheita foi o momento de maior alteração para os dois pigmentos, evidenciando maior aumento de carotenoides e maior redução de antocianinas. Além disso, não houve diferença entre os tratamentos quando analisado a antocianina, já para os carotenoides, as hastes no tratamento de 24h de condicionamento a seco tem maiores teores em relação aos demais tratamentos no momento em que se inicia a reidratação.

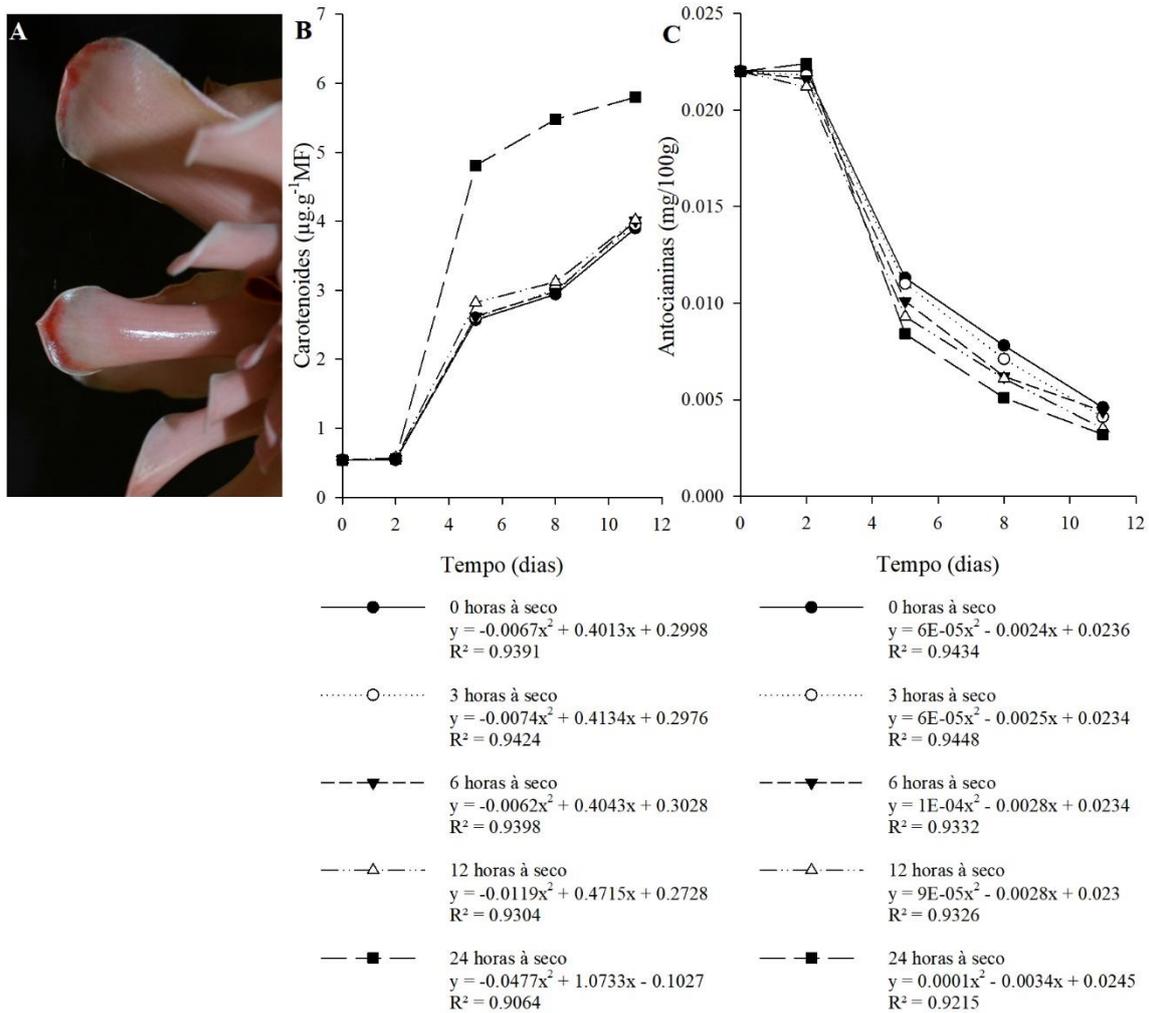


Figura 6. (A) detalhe da alteração de cor das bordas das hastes com 24 horas de armazenamento à seco. (B) conteúdo de carotenoides e (C) antocianinas das hastes florais de bastão-do-imperador submetidas aos diferentes tempos de condicionamento à seco pós-colheita.

O aumento do conteúdo de carotenoides nas hastes de bastão-do-imperador está correlacionado com o aumento da cor vermelha quantificada pelo colorímetro, e também em função do condicionamento a seco uma vez que este pigmento é responsável em minimizar danos ao aparato fotossintético advindo do estresse gerado. O aumento deste pigmento pode ser uma estratégia de dissipação do excesso de energia luminosa diante de condições de deficiência hídrica, na qual os carotenoides desempenham papel fotoprotetor (SILVA et al., 2017).

A quebra das antocianinas evidenciado nas hastes de bastão-do-imperador está relacionada com o aumento de H₂O₂. Este flavonoide é um antioxidante não enzimático necessário para homeostase das hastes florais, uma vez que sua produção reduz o estresse

oxidativo intracelular e também oferece proteção contra infecção de patógenos (MOUSTAKA et al., 2020).

As hastes de bastão-do-imperador condicionadas a 24h e 12h a seco foram as que apresentaram maior produção de H_2O_2 (Figura 7 A) quando comparado aos demais tratamentos. O conteúdo de H_2O_2 aumenta em relação ao tempo correlacionando com a senescência das hastes.

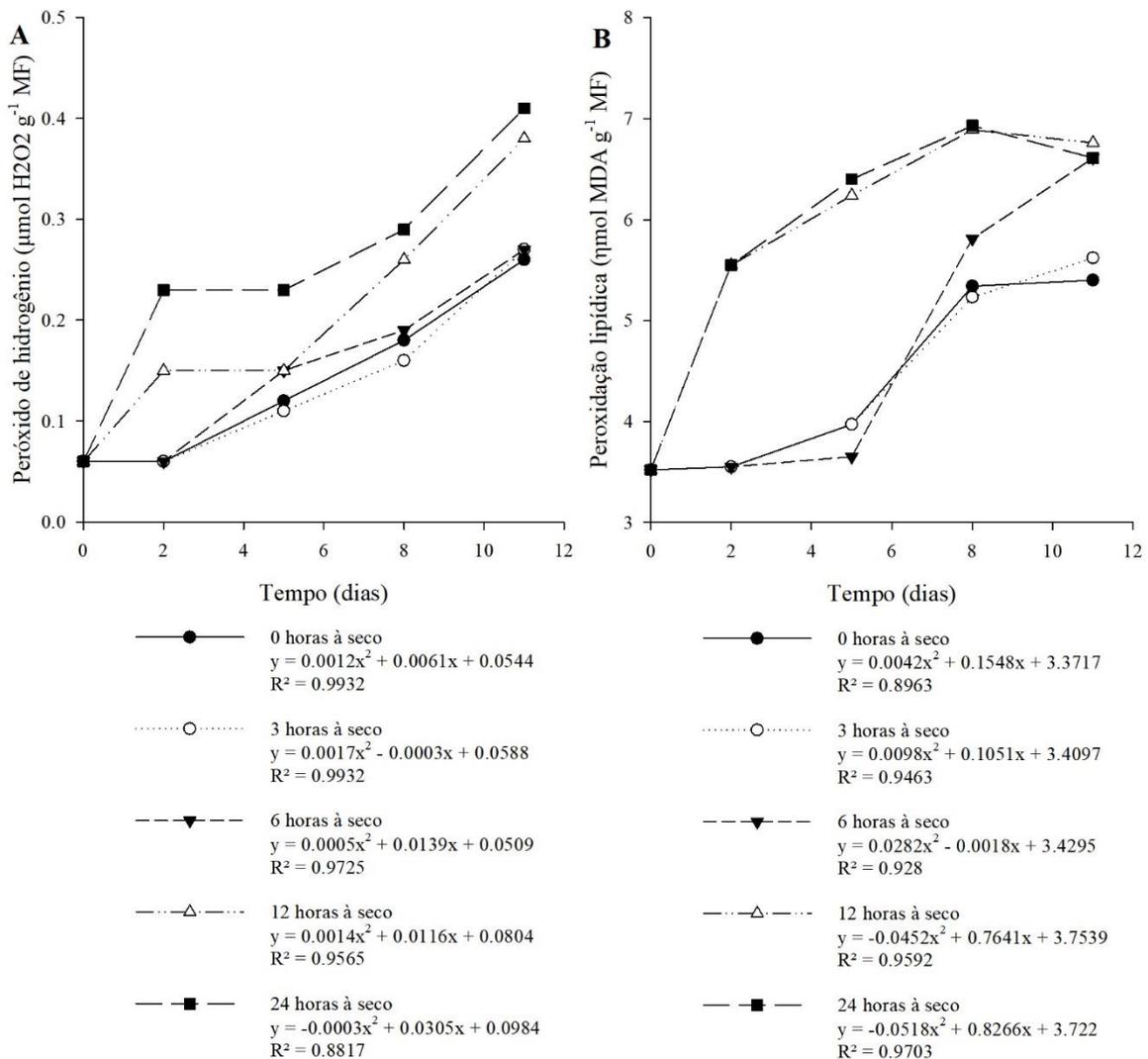


Figura 7. (A) Peróxido de hidrogênio e (B) peroxidação lipídica das hastes florais de bastão-do-imperador submetidas aos diferentes tempos de condicionamento à seco pós-colheita.

Comportamento semelhante foi observado para a peroxidação lipídica (Figura 7 B) sendo que as hastes de bastão-do-imperador mantidos durante 24h e 12h de condicionamento a seco tem maior peroxidação em relação aos demais, e este fenômeno aumenta a partir da reidratação das hastes. Em relação ao tempo, as hastes nos tratamentos controle, 3h e 6h a seco aumentam a peroxidação lipídica indicando o início de senescência das hastes no 8º dia.

O aumento de peróxido de hidrogênio das hastes de bastão-do-imperador nos tratamentos de 12h e 24h a seco está relacionado com o estresse hídrico e com a senescência, os quais são considerados um fenômeno oxidativo e o peróxido de hidrogênio por ser uma das espécies reativas de oxigênio causa danos oxidativos na membrana lipídica celular (BHATTACHARJEE, 2005)

A senescência das hastes florais e a ocorrência de estresse podem estar associados ao conteúdo de malondialdeído (MDA) o qual indica a ocorrência de peroxidação lipídica. O aumento de MDA se inicia com o corte da haste floral perdurando até o final da vida de vaso (POURZARNEGAR et al., 2020).

Ao analisar a atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT), nota-se que não ocorreu expressão destas enzimas mesmo com as hastes passando pelo processo de condicionamento a seco.

A ausência destas enzimas junto com o aumento da peroxidação lipídica e H_2O_2 auxilia na elucidação da baixa durabilidade das hastes de bastão-do-imperador e também como o condicionamento a seco reduz a qualidade das mesmas. Uma vez que, o condicionamento a seco proporciona um aumento de EROs, estes são quebrados pela antocianina justificando a redução deste pigmento.

Enzimas do sistema antioxidante, incluindo SOD e CAT desempenham um papel importante na proteção de tecidos vegetais contra danos induzidos por estresse durante o crescimento, desenvolvimento e senescência. A alta atividade destas enzimas antioxidantes tem sido associada a alta longevidade pós-colheita em hastes florais (REN et al., 2017), podendo ser uma das causas da baixa longevidade das hastes do bastão-do-imperador uma vez que as hastes não expressam atividade enzimática da SOD e CAT.

As reservas de proteínas, açúcares solúveis totais e açúcares redutores das hastes de bastão-do-imperador reduziram quando expostas ao condicionamento a seco. Inicialmente, as hastes condicionadas com 0h e 3h não reduziram o conteúdo de proteína (Figura 8 A), sendo que o consumo desta reserva começa no 5º dia de avaliação compreendendo o início da

senescência. As hastes dos demais tratamentos iniciam o consumo das reservas logo no primeiro dia de avaliação e a maior redução ocorre entre o término do pulsing e o 5º dia de avaliação.

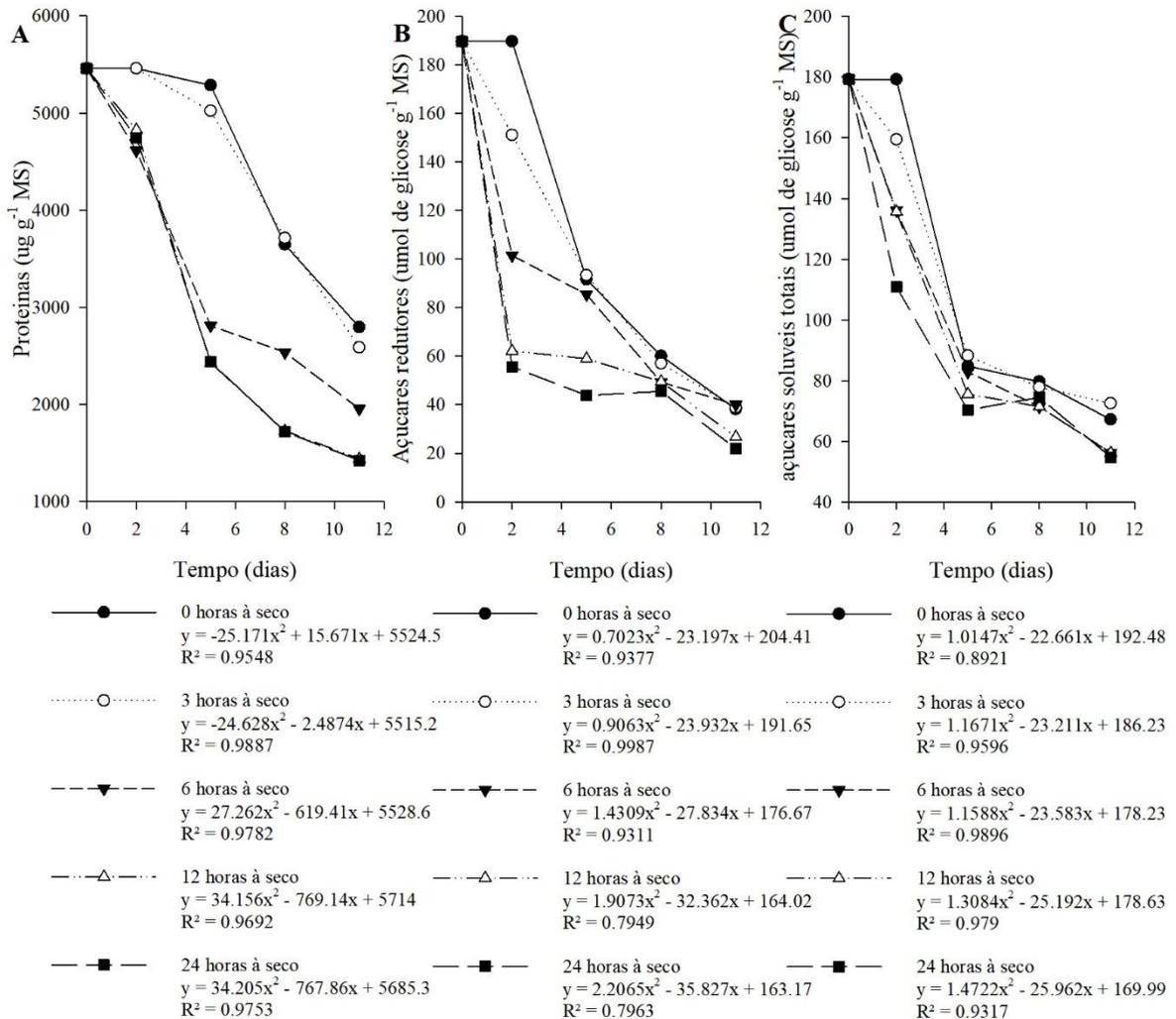


Figura 8. (A) Proteínas, (B) açúcares redutores e (C) açúcares solúveis totais das hastes florais de bastão-do-imperador submetidas aos diferentes tempos de condicionamento à seco pós-colheita.

Os açúcares redutores (Figura 8 B) e os açúcares solúveis totais (Figura 8 C) quando as hastes foram acondicionadas a seco, reduziram o conteúdo destas reservas antes do processo de pulsing e logo após a colheita. As hastes mantidas no tratamento controle preservaram os teores de açúcares até o final do pulsing e após a reidratação em água inicia-se o consumo. O tempo em que as hastes ficam expostas ao condicionamento a seco tem relação com o consumo de açúcares, uma vez que os maiores tempos de condicionamento tem os maiores consumos destas

reservas. Além disso, é observado que entre as reservas disponíveis para as hastes de bastão-do-imperador, o consumo inicial é maior dos açúcares quando comparado com as proteínas.

Há uma correlação entre os níveis de proteína e a senescência, pois durante esse processo ocorre o aumento na atividade proteolítica em brácteas e pétalas de hastes florais. Dessa forma, a proteólise em plantas é um processo complexo que envolve muitas enzimas, como as proteases que desempenhando um papel essencial. A quebra de proteínas depende da espécie analisada e também do órgão onde a reserva está localizada (RABIZA-ŚWIDER et al., 2019), sendo que, para as inflorescências do bastão-do-imperador, a quebra de proteínas tem início após a quebra dos açúcares após o 8º dia pós-colheita

Com a colheita, as reservas de açúcares nas hastes deixam de ser utilizadas na expansão celular dos caules e são translocadas como fonte de energia para serem utilizadas na respiração celular. Devido ao estresse hídrico causado pelo condicionamento a seco, as presenças das reservas de açúcares causam influxo de água, reduzindo a taxa de absorção e consequentemente reduz a massa fresca das hastes, além disso, também induz a abertura floral acelerando a senescência e consequentemente reduz a qualidade (SALES et al., 2018).

Diante dos resultados, o condicionamento a seco com mais de 12h não é recomendando pois resulta na perda de qualidade e durabilidade e também acelera o processo de senescência para as hastes do bastão-do-imperador, uma vez que após este período é evidenciado a redução na taxa de absorção e quebra de pigmentos. Além disso, é evidenciado que as hastes sofreram estresse hídrico devido o condicionamento a seco, uma vez que ocorreu o aumento de H_2O_2 e peroxidação lipídica. Outro fato relacionado com a senescência e o estresse causado é o consumo de reservas de açúcares e proteína devido a necessidade do uso nos processos metabólicos e respiratórios.

4. CONCLUSÕES

O condicionamento a seco causa alterações fisiológicas nas hastes de bastão-do-imperador como a redução nas taxas de absorção, teor de água, massa fresca e seca e redução do conteúdo de proteína e açúcares, além disso, os tempos de condicionamento a seco de 12h e 24h aumentam a concentração de peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica indicando que estes tempos causam estresse pela ausência de água.

As hastes de bastão-do-imperador toleram até 12h de condicionamento a seco, uma vez que a vida de vaso para estes tratamentos foi de até oito dias, entretanto, recomenda-se que as hastes colhidas sejam imediatamente hidratadas, uma vez que, as alterações fisiológicas causadas pelo condicionamento a seco refletem de forma negativa na qualidade e durabilidade pós-colheita.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E. F. A.; PAIVA, P. D. D. O.; LIMA, L. C. D. O.; SILVA, F. C.; FONSECA, J.; NOGUEIRA, D. A. Calla lily inflorescences postharvest: pulsing with different sucrose concentrations and storage conditions. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 657-663, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000400003>

BHATTACHARJEE, S. Reactive oxygen species and oxidative burst: Roles in stress, senescence and signal transduction in plants. **Current Science**, v. 89, n. 7, p. 1113-1121, 2005.

BRADFORD, M. M. Um método rápido e sensível para a quantificação de quantidades de microgramas de proteína utilizando o princípio da ligação proteína-corante. **Bioquímica analítica**, v. 72, n. 1-2, p. 248-254, 1976.

BUEGE, J. A.; AUST, S. D. [30] Microsomal lipid peroxidation. **In Methods in enzymology**, v. 52, p. 302-310, 1978. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(78\)52032-6](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(78)52032-6)

CARNEIRO, D. N. M.; PAIVA, P. D.; CARNEIRO, L. F.; SOUZA RODRIGUES, R.; CARLOS DE OLIVEIRA LIMA, L.; DIAS, G. D. M. G.; PEDROSO, R. G. A. V. Developmental stage and pulsing in inflorescences of torch ginger. **Ornamental Horticulture**, v. 20, n. 2, p. 163-170, 2014. <https://doi.org/10.14295/rbho.v20i2.578>

COSTA, L. C.; DE ARAUJO, F. F.; RIBEIRO, W. S.; DE SOUSA SANTOS, M. N.; FINGER, F. L. Fisiologia pós-colheita de flores de corte. **Ornamental Horticulture**, v. 27, p. 374-385, 2021. <https://doi.org/10.14295/rbho.v11i2.48>

COSTA, L. C. D.; ARAÚJO, F. F. D.; SANTOS, M. N. D. S.; LIMA, P. C. C.; PEREIRA, A. M.; FINGER, F. L. Vida de vaso e capacidade de reidratação de flores de gladiolo armazenadas a seco em baixa temperatura. **Ciência Rural**, v. 47, n. 2, 2017. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160139>

ENDO, É.; BORGES, S. V.; DAIUTO, É. R.; CEREDA, M. P.; AMORIM, E. Avaliação da vida de prateleira do suco de maracujá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) desidratado. **Food Science and Technology**, v. 27, p. 382-386, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000200029>

FERREIRA, D. F. Sisvar: um guia dos seus procedimentos de comparações múltiplas Bootstrap. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. **Anthocyanins as food colors**, v. 1, p. 280, 1982.

LAGO, R. C.; DE OLIVEIRA, A. L. M.; DIAS, M. C.; DE CARVALHO, E. E. N.; TONOLI, G. H. D.; BOAS, E. V. D. B. V. Obtaining cellulosic nanofibrils from oat straw for biocomposite reinforcement: Mechanical and barrier properties. **Industrial Crops and Products**, v. 148, p. 112264, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112264>

LOGES, V.; DA COSTA, A. S.; GUIMARÃES, W. N. R.; TEIXEIRA, M. D. C. F. Potencial de mercado de Bastão-do-impera. **Ornamental Horticulture**, v. 14, n. 1, 2008. <https://doi.org/10.14295/rbho.v14i1.225>

LICHTENTHALER, H. K.; WELLBURN, A. R. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. **Biochemical Society Transactions**, 1983. <https://doi.org/10.1042/bst0110591>

MATTOS, D. G.; PAIVA, P. D. D. O.; ELIAS, H. H. D. S.; BOAS, E. V. D. B. V.; RODRIGUES, L. F.; LAGO, R. C. D. Amido e açúcares solúveis totais em pós-colheita de inflorescências de bastão-de-imperador. **Ornamental Horticulture**, v. 24, n. 4, p. 435-442, 2018. <https://doi.org/10.14295/oh.v24i4.1205>

MATTOS, D. G.; PAIVA, P. D. D. O.; MUNDIM, A. S.; REIS, M. V. D.; NERY, E. M.; ARAÚJO, N. A. F.; BRITTO, J. M.; SILVA, D. P. C. D. Digital images and in-person

evaluation of Anthurium ‘Tropical’ postharvest quality. **Ornamental Horticulture**, v. 26, p. 166-176, 2020. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v26i2.2123>

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959. <https://doi.org/10.1021/ac60147a030>

MOUSTAKA, J.; TANOU, G.; GIANNAKOULA, A.; ADAMAKIS, I. D. S.; PANTERIS, E.; ELEFTHERIOU, E. P.; MOUSTAKAS, M. Anthocyanin accumulation in poinsettia leaves and its functional role in photo-oxidative stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 175, p. 104065, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2020.104065>

PIROLI, J. D.; PEITER, M. X.; ROBAINA, A. D.; RODRIGUES, M. A.; FERREIRA, L. D.; BORTOLÁS, F. A.; RODRIGUES, S. A.; BRUNING, J. Crop coefficient of cut gerbera with water supplementation in a protected environment. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 15, p. e7652, 2020.

POURZARNEGAR, F.; HASHEMABADI, D.; KAVIANI, B. Nitrato de cério e ácido salicílico na vida de vaso, peroxidação lipídica e atividade de enzimas antioxidantes em flores cortadas de lisianthus. **Ornamental Horticulture**, v. 26, n. 4, p. 658-669, 2020. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v26i4.2227>

RABIZA-ŚWIDER, J.; SKUTNIK, E.; JĖDRZEJUK, A. The effect of a sugar-containing preservative on senescence-related processes in cut clematis flowers. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 47, n. 2, p. 432-440, 2019. <https://doi.org/10.15835/nbha47211379>

REN, P. J.; JIN, X.; LIAO, W. B.; WANG, M.; NIU, L. J.; LI, X. P.; XU, X. T.; ZHU, Y. C. Effect of hydrogen-rich water on vase life and quality in cut lily and rose flowers. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 58, n. 6, p. 576-584, 2017. <https://doi.org/10.1007/s13580-017-0043-2>

SALES, T. S.; PAIVA, P. D. D. O.; MANFREDINI, G. M.; NASCIMENTO, Â. M. P. D.; REIS, M. V. D. Water relations in cut calla lily flowers maintained under different postharvest solutions. **Ornamental Horticulture**, v. 27, p. 126-136, 2021. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v27i2.2235>

SALES, T. S.; PAIVA, P. D. O.; SIQUEIRA, H. H. D.; MANFREDINI, G. M.; LIMA, L. C. D. O. Preservative solutions on quality and biochemical aspects of calla lily flowers. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 42, p. 176-185, 2018. <https://doi.org/10.1590/1413-70542018422020717>

SANTOS, J. J. S. D.; PÊGO, R. G.; COUTO, B. R. M.; MARTINS, R. D. C. F.; CARVALHO, D. F. D. Pós-colheita e antocrono de hastes florais de gladiolo produzidas em casa de vegetação sob diferentes épocas e níveis de irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 45, 2021. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202145009321>

SCHWAB, N. T.; STRECK, N. A.; LANGNER, J. A.; RIBEIRO, B. S. M. R.; UHLMANN, L. O.; BECKER, C. C. Applicability of the term anthochron for representing the speed rate of flower opening on the inflorescence. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 9, p. 657-664, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014000900001>

SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; DE LACERDA, C. F.; DE SOUSA, C. H. C.; CHAGAS, K. L. Pigmentos fotossintéticos e potencial hídrico foliar em plantas jovens de coqueiro sob estresses hídrico e salino. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 10, n. 4, p. 317-325, 2017. <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v10i4.3650>

SILVA NETA, I. C.; VON PINHO, É. V. D. R.; DE ABREU, V. M.; VILELA, D. R.; SANTOS, M. C.; DOS SANTOS, H. O.; FERREIRA, R. A. D. C.; VON PINHO, R. G.; DE CASTRO VASCONCELLOS, R. C. Gene expression and genetic control to cold tolerance during maize seed germination. **BMC plant biology**, v. 20, n. 1, p. 1-14, 2020. <https://doi.org/10.1186/s12870-020-02387-3>

VELIKOVA, V.; YORDANOV, I.; EDREVA, A. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants: protective role of exogenous polyamines. **Plant science**, v. 151, n. 1, p. 59-66, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(99\)00197-1](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(99)00197-1)

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. Estimativa de carboidratos em extratos vegetais por antrona. **Revista Bioquímica**, v. 57, n. 3, p. 508-514, 1954.

ARTIGO 3 - Qualidade e fisiologia pós-colheita de hastes de bastão-do-imperador armazenadas em diferentes temperaturas

RESUMO

A determinação da temperatura ótima de armazenamento ou transporte auxilia em relação a hidratação das hastes florais, que está entre as principais técnicas utilizadas pelos produtores. É necessário determinar a temperatura adequada para o armazenamento e transporte para hastes de flores tropicais, uma vez que, auxilia na hidratação e evita a perda da qualidade e durabilidade por injúrias ou senescência. Diante do exposto, objetivou-se avaliar a qualidade e durabilidade pós-colheita de bastão-do-imperador em diferentes temperaturas de armazenamento e os efeitos fisiológicos causados. Para isso, hastes de bastão-do-imperador foram coletadas e colocadas em diferentes temperaturas de armazenamento, 8 °C; 12 °C; 16 °C; 20 °C e 24 °C. A cada 3 dias foram avaliados qualidade visual, porcentagem de flor verdadeira, taxa de absorção, teor de água, massas fresca e seca e parâmetros colorimétricos. Também foram realizadas avaliações relacionadas com o conteúdo de pigmentos, bioquímicas do sistema antioxidante e de macromoléculas. As hastes armazenadas em 8°C mantiveram as reservas por mais tempo e também induziram a produção de espécies reativas de oxigênio. As hastes armazenadas em 12 °C absorveram mais água quando comparadas com as armazenadas em 8 °C e mantiveram por mais tempo a qualidade. Temperaturas mais altas aceleraram o aparecimento das flores verdadeiras, aumentaram o consumo das macromoléculas reduzindo a durabilidade das hastes. O armazenamento das hastes de bastão-do-imperador deve ser realizado nas temperaturas entre 12 °C e 16 °C uma vez que apresentam por mais tempo maior qualidade para comercialização.

Palavras-chave: *Etilingera elatior*; floricultura tropical; resfriamento; estresse

ABSTRACT

The determination of the optimal storage or transport temperature helps in relation to the hydration of floral stems, which is among the main techniques used by producers. It is necessary to determine the appropriate temperature for storage and transport for stems of tropical flowers, since it helps in hydration and prevents the loss of quality and durability due to injuries or senescence. Given the above, the objective was to evaluate the quality and post-harvest durability of torch ginger at different storage temperatures and the physiological effects caused. For this, torch ginger stems were collected and placed at different storage temperatures, 8 °C; 12 °C; 16 °C; 20 °C and 24 °C. Every 3 days, visual quality, percentage of true flower, absorption rate, water content, fresh and dry mass and colorimetric parameters were evaluated. Evaluations related to the content of pigments, biochemistry of the antioxidant system and macromolecules were also carried out. Stems stored at 8 °C maintained reserves longer and also induced the production of reactive oxygen species. Stems stored at 12 °C absorbed more water when compared to those stored at 8 °C and maintained their quality for longer. Higher temperatures accelerated the appearance of true flowers, increased the consumption of macromolecules, reducing the durability of the stems. The storage of torch ginger stems should be carried out at temperatures between 12 °C and 16 °C, since they have a higher quality for commercialization for a longer time.

Keywords: *Etlingera elatior*; tropical floriculture; cooling; stress

1. INTRODUÇÃO

A floricultura tropical vem se tornando tendência dentro do setor do agronegócio. As flores tropicais possuem características distintas das que tem origem em regiões temperadas, como rusticidade, perenidade, cores de diversas tonalidades, diferentes formas e texturas. Geralmente são espécies que se adaptam em regiões com altas temperaturas e grande quantidade de água. Em relação a demanda de hastes pós-colheita, a floricultura tropical ganha espaço devido a um cultivo menos exigente (SILVA et al., 2019; SANTOS et al., 2020).

Dentro das espécies tropicais que são utilizadas como flores de corte, *Etilingera elatior* (bastão-do-imperador) é a espécie mais cultivada do gênero *Etilingera*. Espécie herbácea, perene e rizomatosa que pertence à família Zingiberaceae. As inflorescências apresentam cores que variam do vermelho e rosa ao branco e apresentam baixa durabilidade, média de 10 dias, em relação as demais tropicais (CARNEIRO et al., 2014; MATTOS et al., 2018).

A temperatura para o armazenamento e transporte para hastes de flores tropicais não pode ser inferior a 13 °C uma vez que injurias pelo frio podem ocorrer. A tolerância as injurias por baixa temperatura irá depender da espécie, cultivar, estágio de desenvolvimento, período de armazenamento sob temperaturas indutoras de resfriamento e a própria temperatura (ALMEIDA et al., 2009). Estudos realizados com hastes de helicônias demonstraram que a temperatura de 12 °C não é recomendada para por um período maior que quatro dias. Quando armazenadas em temperatura de 19 °C, as hastes de helicônias tiveram uma durabilidade de até oito dias (COSTA et al., 2011).

A principal causa da perda de qualidade e redução na durabilidade das hastes florais é a temperatura inadequada durante o transporte e armazenamento, que devido a este fato, se faz necessário o descarte destes produtos pois perde as características comerciais (SILVA et al., 2019). Dessa forma, o armazenamento de flores de corte em baixas temperaturas tem sido usado como a técnica mais adequada para o transporte de longa distância e, em muitos casos, para curto prazo de armazenamento pelo varejo (COSTA et al., 2021).

A determinação da temperatura ótima de armazenamento ou transporte auxilia em relação a hidratação das hastes florais, que está entre as principais técnicas utilizadas pelos produtores, pois reduz o uso de carboidratos pela respiração, retarda a perda de água, inibe o desenvolvimento de patógenos e reduz a produção e ação do etileno (COSTA et al., 2017). Além disso, estabelecer a temperatura adequada e garantir a durabilidade das hastes florais é

fundamental para garantir a qualidade do produto até chegar ao consumidor (SILVA et al., 2019).

Um dos principais problemas em relação a longevidade de vida de vaso de plantas tropicais, é a falta de informação em relação aos cuidados de transporte e armazenamento, sobretudo, a temperatura ideal que deve ser utilizada. Diante do exposto, objetivou-se avaliar a qualidade e durabilidade pós-colheita de bastão-do-imperador em diferentes temperaturas de armazenamento e os efeitos fisiológicos causados. Além disso, visou-se elucidar a tolerância das hastes em relação a baixas temperaturas; qual a influência das diferentes temperaturas na fisiologia e se estas temperaturas podem causar injúrias ou estresse.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Locais de experimentação

Os experimentos pós-colheita foram conduzidos no Setor de Floricultura e Paisagismo do Departamento de Agricultura e as análises bioquímicas enzimáticas e não enzimáticas foram realizadas no Setor de Fisiologia Vegetal (Departamento de Biologia) e no Setor de Sementes (Departamento de Agricultura).

2.2. Avaliação de diferentes temperaturas de armazenamento

Para o experimento foram utilizadas hastes florais de *Etilingera elatior* cv. 'Porcelana' cultivadas no setor de Paisagismo e Floricultura da Universidade Federal de Lavras, colhidas em ponto semi-aberto (MATTOS et al., 2018) sem a presença de flores verdadeiras. Após a colheita, as inflorescências foram higienizadas e as hastes padronizadas em 45 cm, com 1,2 cm + 2 mm de diâmetro e peso médio de 250 g. As hastes foram colocadas em solução de 15% de sacarose por 24h e após esse período foram transferidas para recipientes contendo 1 L de água destilada, totalmente vedados e mantidos em B.O.D sem fotoperíodo e com umidade relativa de 70% nas diferentes temperaturas de armazenamento caracterizando os tratamentos em 8 °C; 12 °C; 16 °C; 20 °C e 24 °C.

2.3. Qualidade comercial das hastes florais

Para análise da qualidade visual das inflorescências de bastão-do-imperador foram atribuídas notas determinadas por 3 avaliadores até o 11º dia de avaliação, com base nos critérios de Carneiro et al. (2014).

Tabela 1. Critério de avaliação da qualidade visual de inflorescências de bastão-do-imperador por atribuição de notas.

NOTAS	CONCEITOS	DESCRIÇÃO
4	EXCELENTE	Haste e inflorescências túrgidas, brácteas com brilho e Coloração característica.
3	BOM	Início da perda de turgescência (somente sensível ao tato); com ou sem o início do desbotamento e/ou murcha das bordas das brácteas e hastes.
2	REGULAR	Declínio das brácteas pela perda visível da turgescência e brilho da inflorescência e da haste. Bordos das brácteas com aspecto encharcado.
1	RUIM	Perda da turgescência pronunciada das brácteas e/ou hastes, bordos das brácteas translúcidas, parte central da inflorescência amolecida.
0	PÉSSIMO	Descarte: brácteas moles e/ou secas e/ou aspecto encharcado, com apodrecimento da parte central da inflorescência, e abscisão das brácteas.

Fonte: Carneiro et al. (2014)

Além da qualidade visual, também foram avaliados a porcentagem de flores verdadeiras que surgiram após a colheita, taxa de absorção por inflorescência, as massas fresca (g) e seca (g) das hastes de bastão-do-imperador a partir de balança analítica de precisão e os teores de água (%). A taxa de absorção foi obtida pela determinação do volume de água consumida, em mL/haste/dia e os teores de água (%) foram determinados através da fórmula $[(\text{massa fresca (g)} - \text{massa seca (g)}) / \text{massa fresca (g)}] \times 100\%$ (SALES et al., 2021).

2.4. Análises colorimétricas

Com o intuito de acompanhar as mudanças visuais de forma quantitativa e também com a finalidade de comparar com os resultados das avaliações visuais, foi utilizado o colorímetro (Konica Minolta®, CM-5, Osaka, Japão), em um ângulo de 10° de view e iluminante D65 (luz do dia). Foram mensuradas 3 brácteas totalmente expandidas de cada inflorescência, posicionadas na segunda fileira mais externas posicionando o colorímetro na porção mediana da bráctea. Foram mensurados os parâmetros a* (adimensional) referente aos comprimentos de onda das cores vermelha (valores positivos) e verde (valores negativos); b* (adimensional) referente aos comprimentos de onda das cores amarela (valores positivos) e azul (valores negativos); L* (adimensional) que se refere à luminosidade da amostra (quanto mais positivo, mais clara é a amostra; quanto mais negativo, mais escura); o parâmetro Chroma (adimensional) que corresponde à pureza da cor: quanto mais forte e brilhante é a cor, mais distante está da origem das coordenadas; o Hue (graus) corresponde à tonalidade (LAGO et al., 2020).

2.5. Carotenoides e antocianinas

Foram coletadas amostras para quantificação do conteúdo de carotenoides ($\mu\text{g g}^{-1}$ MF) por meio de amostras de 0,2 g de massa fresca extraídos em acetona 80%. A partir dos extratos, foi determinada a concentração de carotenoides utilizando um espectrofotômetro no comprimento de onda de absorvância em 470, 646,8 e 663,2 nm com base na equação (LICHTHENTHALER; WELLBURN, 1983):

$$\text{Carotenoides totais} = [1000\text{ABS}_{470} - 1,82(12,25\text{ABS}_{663,2} - 2,79\text{ABS}_{646,8}) - 85,02(21,50\text{ABS}_{646,8} - 5,10\text{ABS}_{663,2})]198$$

Em que: ABS = absorvância

Para a quantificação de antocianinas foi realizado a extração utilizando 1 g de amostra que foram trituradas, e em seguida, foi adicionado 30 mL de solução extratora etanol 95% + HCl 1,5 N na proporção 85:15. As amostras foram homogeneizadas e filtradas, e as leituras realizadas a 535 nm de acordo com a equação (FRANCIS, 1982):

$$\text{Antocianina} = (\text{ABS}_{535} \times \text{fator de diluição}) / 98,2$$

Em que: ABS = absorvância

2.6. Quantificação de peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica

Amostras de 0,2 g de brácteas totalmente expandidas posicionadas na segunda fileira mais externas de cada inflorescência foram maceradas em nitrogênio líquido acrescido de 20% de PVPP (m/v), homogeneizadas em 1,5 mL de ácido tricloroacético (TCA) 0,1% (m/v) e centrifugadas a 12.000 g por 15 minutos a 4° C. O peróxido de hidrogênio (H₂O₂) foi determinado medindo-se a absorvância a 390 nm em um meio de reação contendo tampão fosfato de potássio 100 mM com pH 7,0 e iodeto de potássio 1 M (VELIKOVA et al., 2000).

A peroxidação lipídica foi determinada por meio da quantificação de espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico, conforme descrito por Buege e Aust (1978). Amostras de 0,2 g de foram maceradas em nitrogênio líquido acrescido de 20% de PVPP (m/v) e homogeneizadas em 1,5 mL TCA 0,1% (m/v). O homogeneizado foi centrifugado a 12.000 g, por 15 minutos a 4° C. Alíquotas (250 µL) do sobrenadante foram adicionadas ao meio de reação de ácido tiobarbitúrico (TBA) 0,5% (m/v) e 10% (m/v) de TCA, incubando-se, em seguida, a 95 °C por 30 minutos. A reação foi paralisada por resfriamento rápido em gelo e as leituras foram determinadas em espectrofotômetro, a 535 nm e 600 nm.

2.7. Análises proteômicas

A expressão das atividades enzimáticas da superóxido desmutase (SOD) e catalase (CAT) foram realizadas pela técnica de eletroforese, extraindo 1g de matéria fresca (MF) em tampão Tris HCl 0,2 M pH 8,0 + 0,1% de beta-mercaptoetanol para SOD e CAT. O material foi homogeneizado em vortex e mantido por 12 horas em geladeira, seguido de centrifugação a 14.000 rpm por 30 minutos a 4 °C. A corrida eletroforética foi realizada em sistema descontinuo de géis de poliacrilamida a 7,5% de gel separador e 4,5% de gel concentrador. O tampão de corrida utilizado foi o Tris-glicina pH 8,9. Foram aplicados 60 µL do sobrenadante das amostras no gel e a corrida eletroforética foi realizada a 150 V por 5 horas. Terminada a corrida, os géis foram revelados para as enzimas SOD e CAT conforme Silva Neta et al. (2020), com modificações.

2.8. Determinação do teor de açúcares solúveis totais, açúcares redutores e proteínas

Para a avaliação de macromoléculas do metabolismo primário foram extraídos 0,2 g de matéria seca juntamente com tampão fosfato de potássio 0,1 M (pH 7,0), foram levados ao banho-maria por 30 min à 40°C, logo em seguida o extrato foi centrifugado a 10.000 G durante 20 min, sendo o sobrenadante coletado e o processo de centrifugação repetido após adição de mais tampão, logo após a nova coleta do sobrenadante o material foi armazenado à -80°C. Para a quantificação das biomoléculas açúcares solúveis totais, açúcares redutores e proteínas foram utilizados métodos espectrofotométricos da Antrona, Ácido Dinitrosalicílico – DNS e Bradford cujos protocolos foram inicialmente recomendados, respectivamente, por Yemm e Willis (1954); Miller (1959) e Bradford (1976) todos com modificações.

2.9. Análises estatísticas

O experimento foi conduzindo duas vezes em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, em esquema fatorial (5x5), sendo cinco diferentes temperaturas de armazenamento e cinco dias de coletas de dados. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão polinomial de segunda ordem. Para o parâmetro de massa seca foi utilizado o teste de médias Scott-Knott a 5% de probabilidade utilizando o programa Sisvar versão 5.6. (FERREIRA, 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As hastes de bastão-do-imperador foram colhidas e selecionadas as que possuíam as características ideais de comercialização atribuindo nota 4. Abaixo de nota 3, as hastes perdem características ideais para a comercialização. Da colheita até o 5º dia de avaliação as hastes de bastão-do-imperador permaneceram com nota 4 (Figura 1).

A partir do 8º dia, o tratamento em que as hastes foram armazenadas em 12 °C são as únicas que mantiveram a qualidade permanecendo com nota 4. Foram atribuídas as hastes armazenadas em 16 °C nota 3,5 e os demais tratamentos nota 3, dessa forma, até o 8º dia de

avaliação, as hastes de bastão-do-imperador possuíam características visuais com qualidade que permite a comercialização destas hastes.

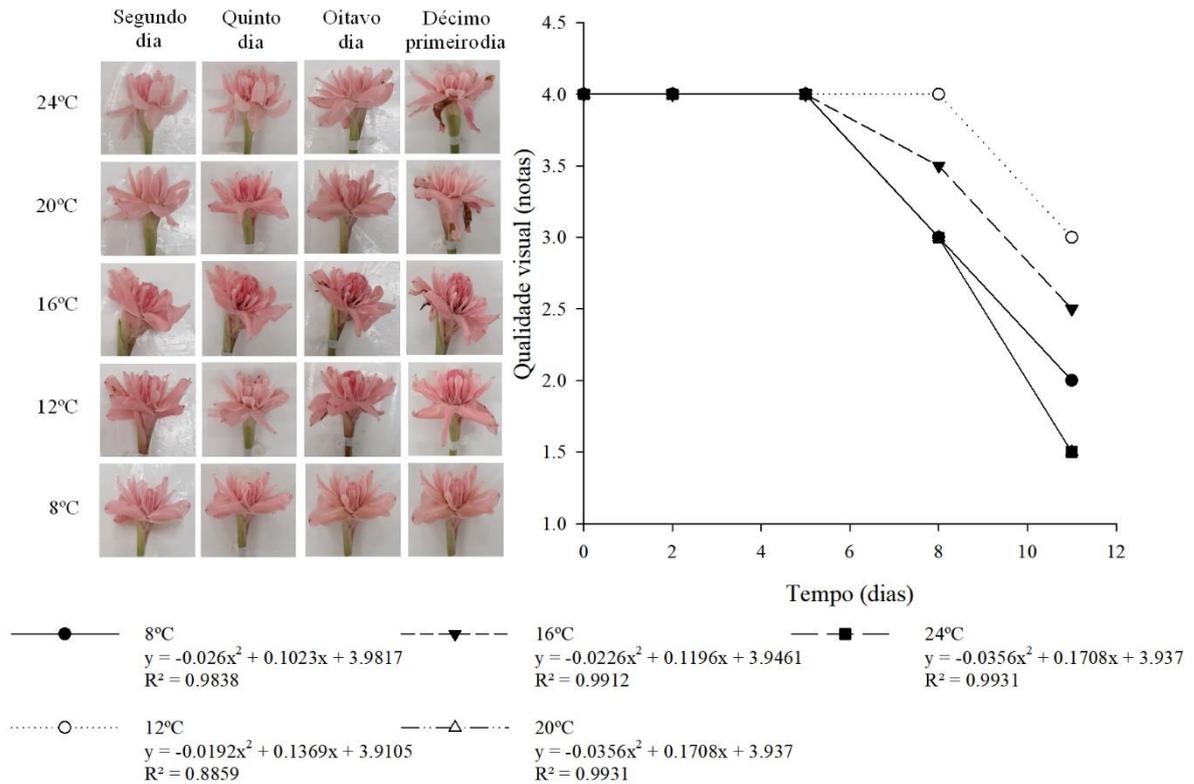


Figura 1. Avaliação visual da qualidade (notas) das hastes florais de bastão-do-imperador submetidas as diferentes temperaturas de armazenagem pós-colheita.

No 11º dia de avaliação, as hastes armazenadas em 20 °C e 24 °C receberam a nota 1,5 e ao comparar com as hastes armazenadas em 16 °C, nota-se que as duas maiores temperaturas testadas aceleraram o processo de senescência uma vez que, as armazenadas a 16 °C foram classificadas com nota 2,5. As hastes armazenadas em 8 °C receberam nota 2 devido as injurias causadas pelo resfriamento como queimadura nas bordas das brácteas e ressecamento. Diante do exposto, as hastes armazenadas em 12 °C foram caracterizadas com nota 3 e são as únicas no 11º dia ainda permaneceram viáveis para comercialização.

As avaliações visuais das hastes florais estão diretamente relacionadas com a longevidade. Uma vez que a respiração celular está relacionada a três fatores: crescimento, senescência e geração de calor devido às atividades metabólicas, o resfriamento das hastes

durante o transporte e o armazenamento pode prolongar a longevidade e auxiliar na vida de vaso (CAVASINI et al., 2018).

A longevidade da haste floral está diretamente relacionada à manutenção do nível de água e também com a massa fresca durante a vida pós-colheita uma vez que estes fatores, quando relacionados com temperatura, em condições ótimas, aceleram o metabolismo (PEREIRA et al., 2018) e, assim como evidenciado para o bastão-do-imperador, as hastes que foram armazenadas nas maiores temperaturas entraram mais rapidamente em processo de senescência diferente das hastes armazenadas nas temperaturas de 12 °C e 16 °C, as quais mantiveram a qualidade por maior tempo.

A quantificação de flores verdadeiras presentes nas hastes iniciou-se logo na colheita, sendo o padrão de seleção o ponto semi-aberto sem a presença de flores verdadeiras. Até o final do pulsing nenhum dos tratamentos apresentou flor verdadeira, entretanto, no 5º dia de avaliação, 40% das hastes armazenadas nas temperaturas 16 °C, 20 °C e 24 °C possuíam flores verdadeiras e no 11º dia, em 100% das hastes tinham desabrochado as flores verdadeiras. Para as hastes armazenadas em 12 °C, o surgimento de flores verdadeiras ocorreu somente no 11º dia e para as hastes armazenadas em 8 °C não houve o aparecimento de flores verdadeiras (Figura 2).

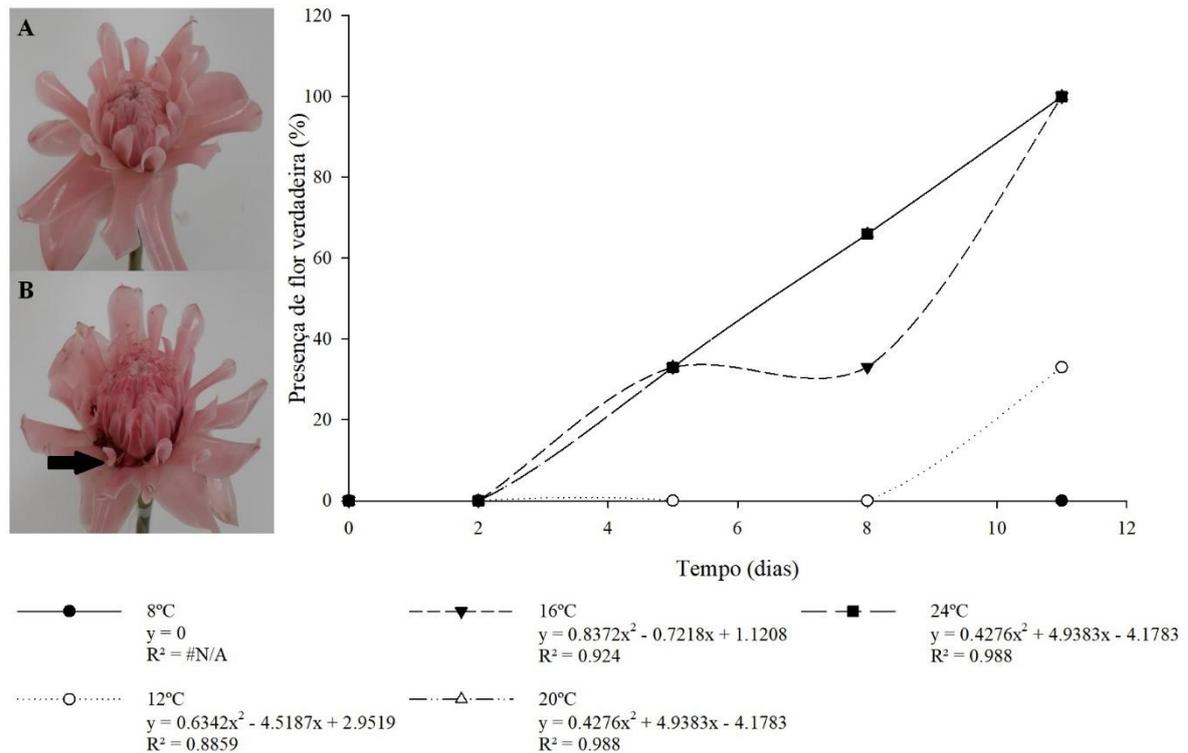


Figura 2. Presença de flor verdadeira (%) das hastes florais de bastão-do-imperador submetidas a diferentes temperaturas de armazenamento pós-colheita. (A) haste floral representando as hastes colhidas sem a presença de flor verdadeira. (B) haste floral representando o aparecimento de flor verdadeira ocorrendo nos tratamentos.

O atraso no aparecimento de flores verdadeiras nas hastes de bastão-do-imperador armazenadas a 12 °C e a ausência nas hastes armazenadas a 8 °C está relacionado à redução nas atividades bioquímicas, respiratórias e no metabolismo. Estes processos estão ligados ao consumo de reservas e, conseqüentemente, ao processo de senescência (MENEGAES et al., 2020). Dessa forma, o atraso no desabrochamento das flores verdadeiras nas hastes armazenadas a 12 °C está relacionado com a maior durabilidade.

A taxa de absorção (Figura 3 A) das hastes de bastão-do-imperador armazenadas em temperatura de 8 °C tiveram a menor absorção de água mensurada até o 8º dia, enquanto que os demais tratamentos tiveram uma taxa de absorção superior, mas não diferindo entre eles. No 11º dia, as hastes já apresentavam senescência e as que estavam armazenadas a 20 °C e 24 °C apresentaram menor taxa de absorção em comparação com as demais. Quando comparado o tempo, todos os tratamentos proporcionaram maior taxa de absorção nos primeiros dias, reduzindo em seguida devido ao processo de senescência.

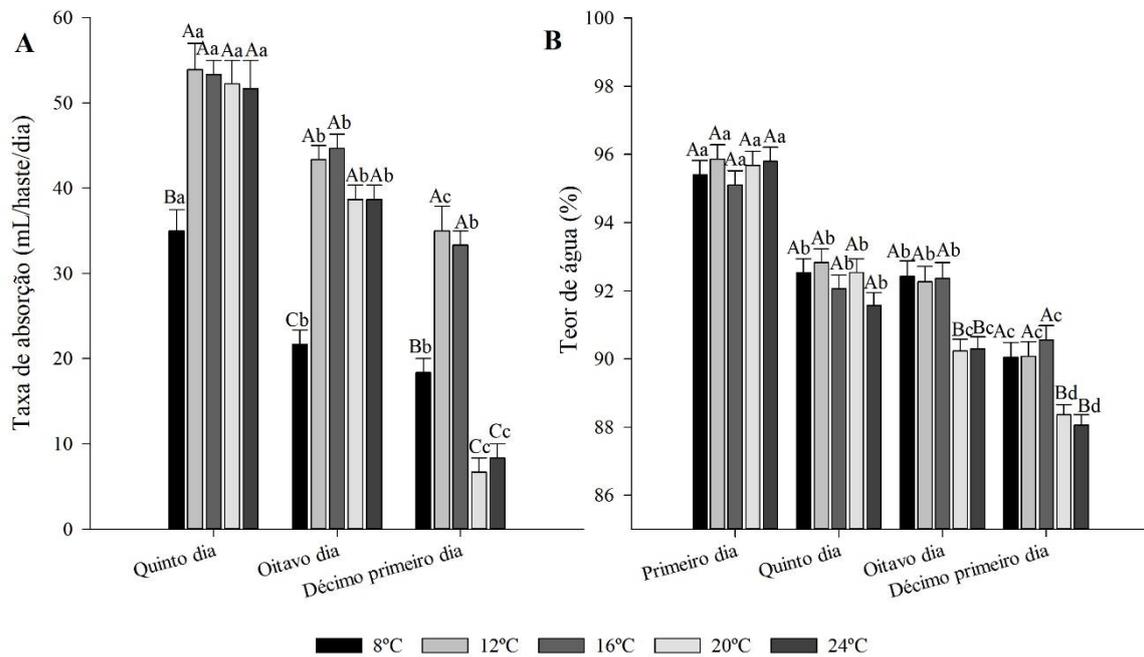


Figura 3. (A) Taxa de absorção (mL/haste/dia) e (B) teor de água (%) das hastes florais de bastão-do-imperador submetidas a diferentes temperaturas de armazenamento pós-colheita. Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula comparando as temperaturas de armazenamento e minúscula comparando o tempo (dias), não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade de erro. Barras representam erro padrão.

O teor de água (Figura 3 B) das hastes de bastão-do-imperador não diferiu entre os tratamentos até o 5º dia pós-colheita. Após este período, as hastes armazenadas em 20 °C e 24 °C reduziram o teor de água quando comparadas com as demais. Assim como a taxa de absorção, o teor de água tem maior porcentagem nos primeiros dias pós-colheita e sua redução está relacionado com o aumento do desabrochamento de flores verdadeiras e também com o processo de senescência. Esta relação é evidenciada através das hastes armazenadas nas temperaturas de 20 °C e 24 °C.

O procedimento de armazenar as hastes pós-colheita em temperaturas mais frias do que o indicado para o cultivo da planta auxilia na manutenção da qualidade e regula o metabolismo devido a preservação da umidade e redução do calor. A necessidade da realização do resfriamento das hastes florais após a colheita e manter a temperatura durante o armazenamento auxilia a conservar o teor de água interno das hastes (MENEGAES et al., 2020).

Tal fato é possível de ser evidenciado, uma vez que, as hastes armazenadas nas temperaturas de 8 °C, 12 °C e 16 °C são as que mantiveram maior teor de água. Entretanto,

manter apenas o teor de água não é suficiente já que as hastes armazenadas a 8 °C sofreram injúrias e consequentemente perderam qualidade comercial.

As massas fresca e seca (Figura 4) das hastes do bastão-do-imperador mantiveram o mesmo peso até o final do pulsing. No 5º dia, as hastes armazenadas com 8 °C e 12 °C começaram a perder massa fresca e seca enquanto que as hastes armazenadas com 16 °C, 20 °C e 24 °C aumentaram. Entre o 5º e 8º dia é o momento de maior perda de massa para todas hastes independente do tratamento, indicando a redução da taxa de absorção e teor de água e consequentemente o início da senescência. A partir do pulsing, as hastes armazenadas com 8 °C e 12 °C são as que possuíam menor massa fresca e seca em todo o período de análise.

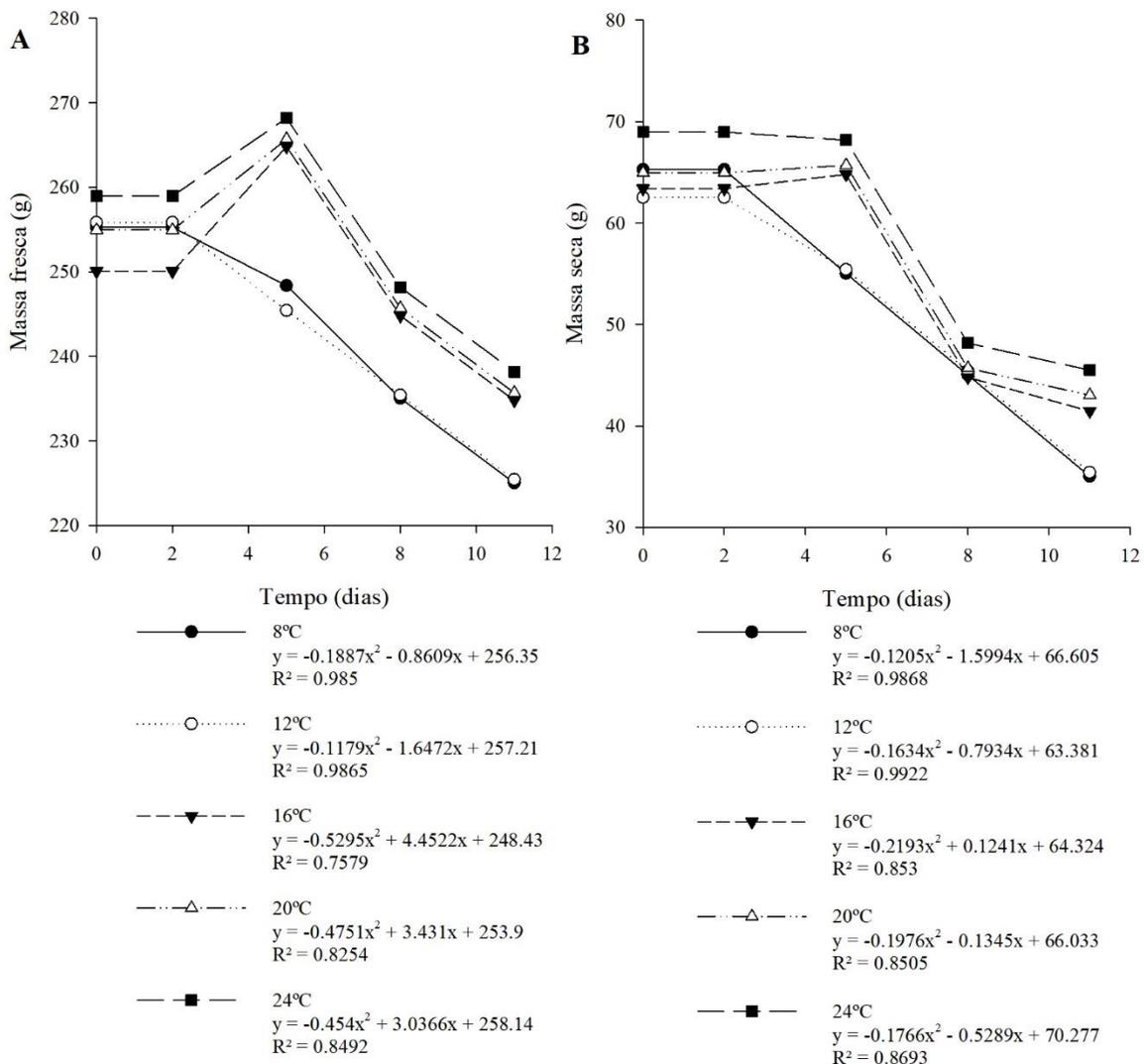


Figura 4. (A) Massa fresca (g) e (B) massa seca (g) das hastes florais de bastão-do-imperador submetidas às diferentes temperaturas de armazenamento pós-colheita.

A variação da massa fresca das hastes florais com diferentes temperaturas de armazenamento foi causada pela redução da absorção de água. As menores massas mensuradas nas hastes de bastão-do-imperador armazenadas em 8 °C e 12 °C estão associadas a redução da taxa de absorção de água a partir do 8º dia. As baixas temperaturas bloqueiam os vasos do xilema causando estresse e envolvendo a ação de enzimas do sistema antioxidante (PEREIRA et al., 2018) consequentemente reduzindo a durabilidade das hastes armazenadas a 8 °C.

Após a colheita da haste floral, assim como ocorreu para o bastão-do-imperador, a perda de massa é um processo inevitável. Isso se deve principalmente à transpiração natural correlacionada com a taxa de absorção, consideradas uma das principais causas da perda de qualidade do produto devido as alterações visuais, as injúrias causadas e senescência. Este processo também foi evidenciado para hastes de *Heliconia psittacorum* e *Heliconia densiflora* as quais as massas frescas também reduziram em ambiente refrigerado em temperatura de 14 °C (SILVA et al., 2019).

Utilizando o colorímetro, foi possível quantificar o ângulo h° o qual determina em qual espectro de cor a amostra se enquadra, uma vez que as hastes de bastão-do-imperador independente do tratamento tiveram 45,8°, estão inseridas no espectro vermelho, e justificando porque o parâmetro b^* (15,8) não diferiu sendo este parâmetro a quantificação do espectro azul. O parâmetro C^* foi em média de 22,01, não diferindo entre os tratamentos.

A cor avermelhada quantificada das hastes do bastão-do-imperador, no 2º dia de avaliação, é mais acentuada em hastes armazenadas nas temperaturas de 16 °C, 20 °C e 24 °C. A partir do 5º dia não há diferença entre os tratamentos e o valor do parâmetro a^* (Figura 5 A) aumenta durante as avaliações.

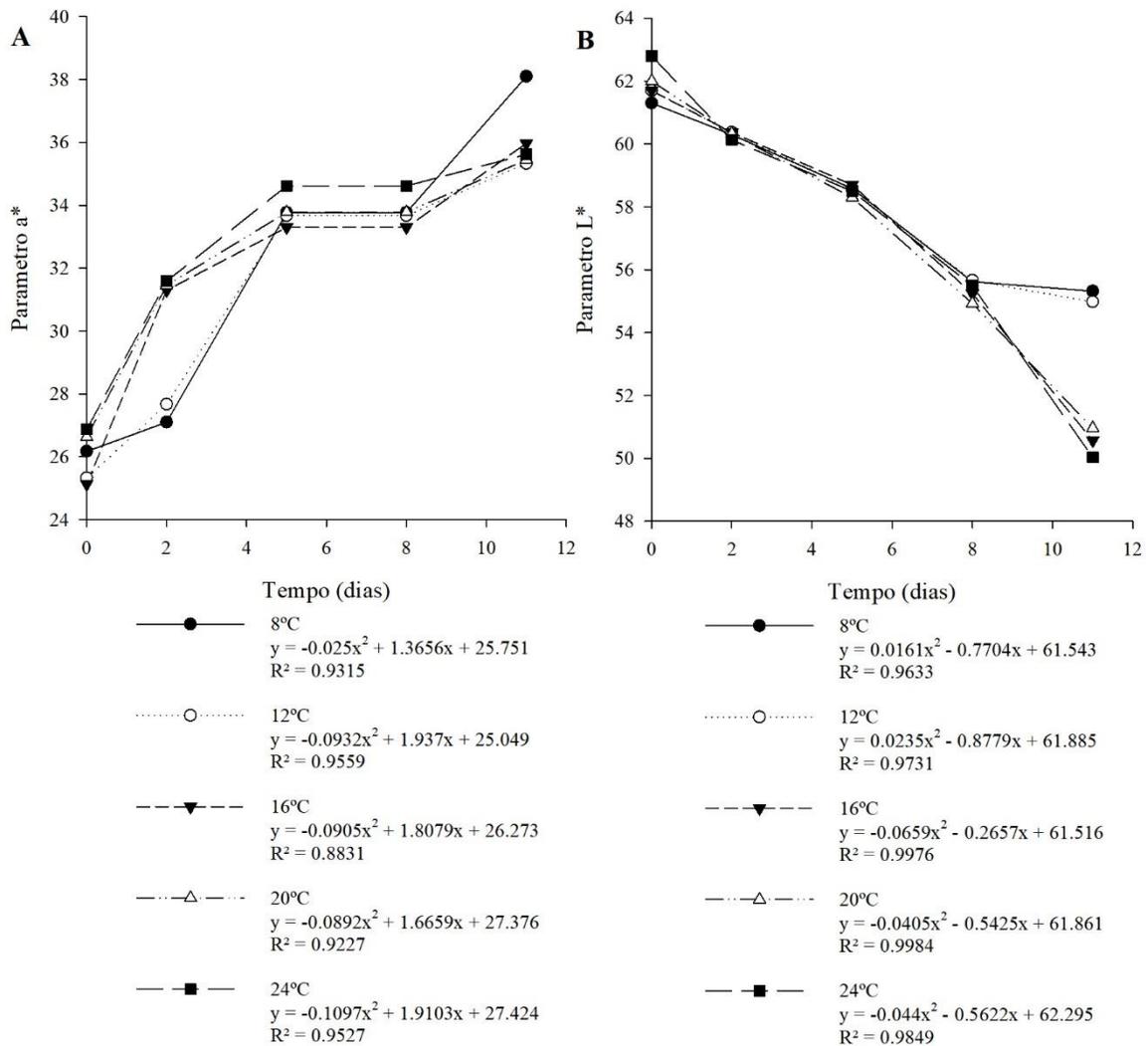


Figura 5. Parâmetros (A) a*(adimensional) e (B) L* (adimensional) das hastes florais de bastão-do-imperador submetidas às diferentes temperaturas de armazenamento pós-colheita.

O parâmetro L* (Figura 5 B) quantifica a luz e o brilho das amostras, sendo assim, entre os tratamentos não há diferença até o 8º dia. Esta diferença ocorre somente no 11º dia e as hastes armazenadas em 8 °C e 12 °C apresentaram menor redução deste parâmetro quando comparadas aos demais tratamentos. Em relação ao tempo, o brilho das hastes reduziu, mesmo com o processo de senescência, sendo os maiores valores quantificados logo após o corte.

A redução do parâmetro L* das hastes do bastão-do-imperador, associada ao aumento da intensidade do vermelho (parâmetro a*) indica a mudança de cor das brácteas, sendo o principal sinal de senescência e também das injúrias causadas pela temperatura de 8 °C. O parâmetro L* está relacionado com o brilho e é um parâmetro importante de cor, porque quanto

menor o valor, mais escuras são as brácteas devido à perda de brilho e turgor. Associado aos dados do colorímetro, o conteúdo de carotenoides e antocianinas são as duas maiores classes de pigmentos responsáveis pela mudança de cor das hastes florais durante o desenvolvimento e senescência das plantas (SILVA et al., 2020)

O conteúdo de carotenoide (Figura 6 A) aumentou em relação ao tempo pós-colheita das hastes de bastão-do-imperador. No 5º dia de avaliação, as hastes armazenadas em temperaturas de 8 °C tiveram maior produção deste pigmento e no 8º dia, as hastes armazenadas em 12 °C também aumentaram de forma semelhante à da menor temperatura testada.

O conteúdo de antocianinas (Figura 6 B) reduziu ao longo do tempo pós-colheita, sendo mais evidenciada entre os 2º e 5º dia de análise. Entre os tratamentos, o conteúdo deste pigmento não difere.

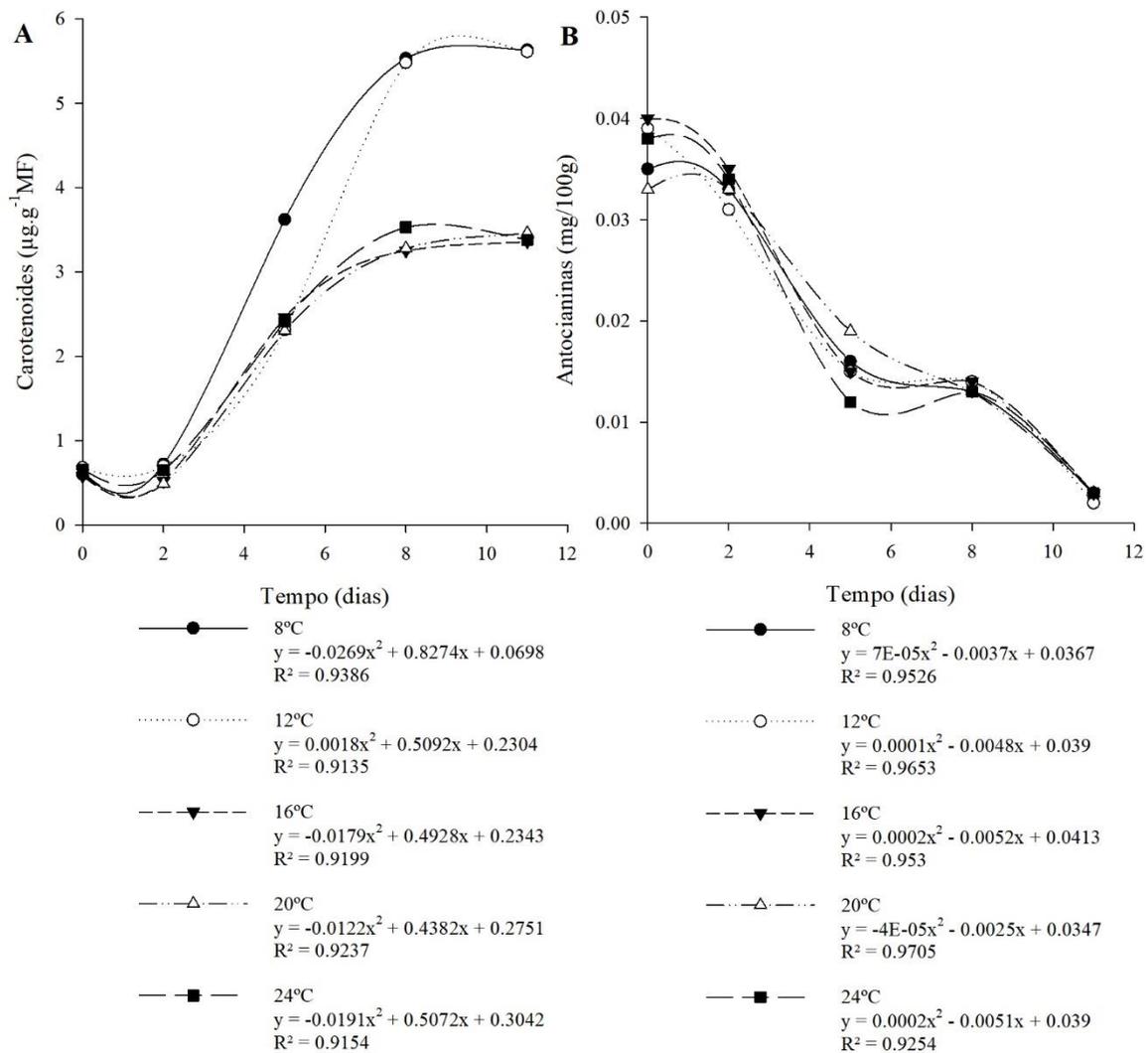


Figura 6. (A) conteúdo de carotenoides e (B) antocianinas das hastes florais de bastão-do-imperador submetidas às diferentes temperaturas de armazenamento pós-colheita.

Presente também em órgãos não fotossintéticos como em flores, os carotenoides controlam a biossíntese, armazenamento e degradação garantindo o acúmulo de diferentes classes deste pigmento para cada célula. Flores que apresentam carotenoides tem diferentes perfis desta família de pigmentos lipossolúveis dependendo da espécie e cultivar. Os carotenoides desempenham funções de captação de luz nas membranas fotossintéticas, bem como na proteção do fotossistema contra baixas temperaturas (WEI et al., 2020).

Esta informação corrobora com o que foi avaliado para as hastes de bastão-do-imperador que estavam armazenadas a 8 °C, já que foram estas que tinham maior conteúdo de

carotenoides desde o 5º dia de avaliação e também corresponde com o tratamento o qual as hastes sofreram injúrias reduzindo assim, a qualidade e durabilidade.

A expressão do conteúdo de antocianinas também tem relação com fatores ambientais, uma vez que, o acúmulo deste pigmento nas brácteas reflete a resposta das hastes florais a fatores externos, incluindo estresses bióticos e abióticos. O estresse por baixas temperaturas e também o processo de senescência induzem diferentes tipos de antocianinas que geram mudanças no padrão de cor, sugerindo que este pigmento é quebrado ou oxidado durante o estresse causado (MEKAPOGU et al., 2020).

A relação da antocianina com as análises realizadas utilizando o colorímetro é constatada, uma vez que, com a redução deste pigmento nas hastes de bastão-do-imperador, independentemente do armazenamento, corresponde com a redução no parâmetro L*. Esta relação propõe que a análise destes dois parâmetros em conjunto auxilia na avaliação do processo de senescência, retirando a subjetividade da avaliação visual de qualidade das hastes pós-colheita.

As hastes de bastão-do-imperador armazenadas em temperaturas de 8 °C e 12 °C, a partir do 5º dia de avaliação aumentaram o teor de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) (Figura 7 A) e conseqüentemente o teor de peroxidação lipídica (Figura 7 B). Os demais tratamentos não diferiram entre si, e em relação ao tempo, inicia-se com baixo teor de H₂O₂ e peroxidação lipídica e aumentou ao longo das análises pós-colheita. Entre o 5º e 11º dia ocorre o maior aumento desta espécie reativa de oxigênio (EROs) e também da peroxidação lipídica indicando um possível estresse pelas baixas temperaturas e também pelo processo de senescência.

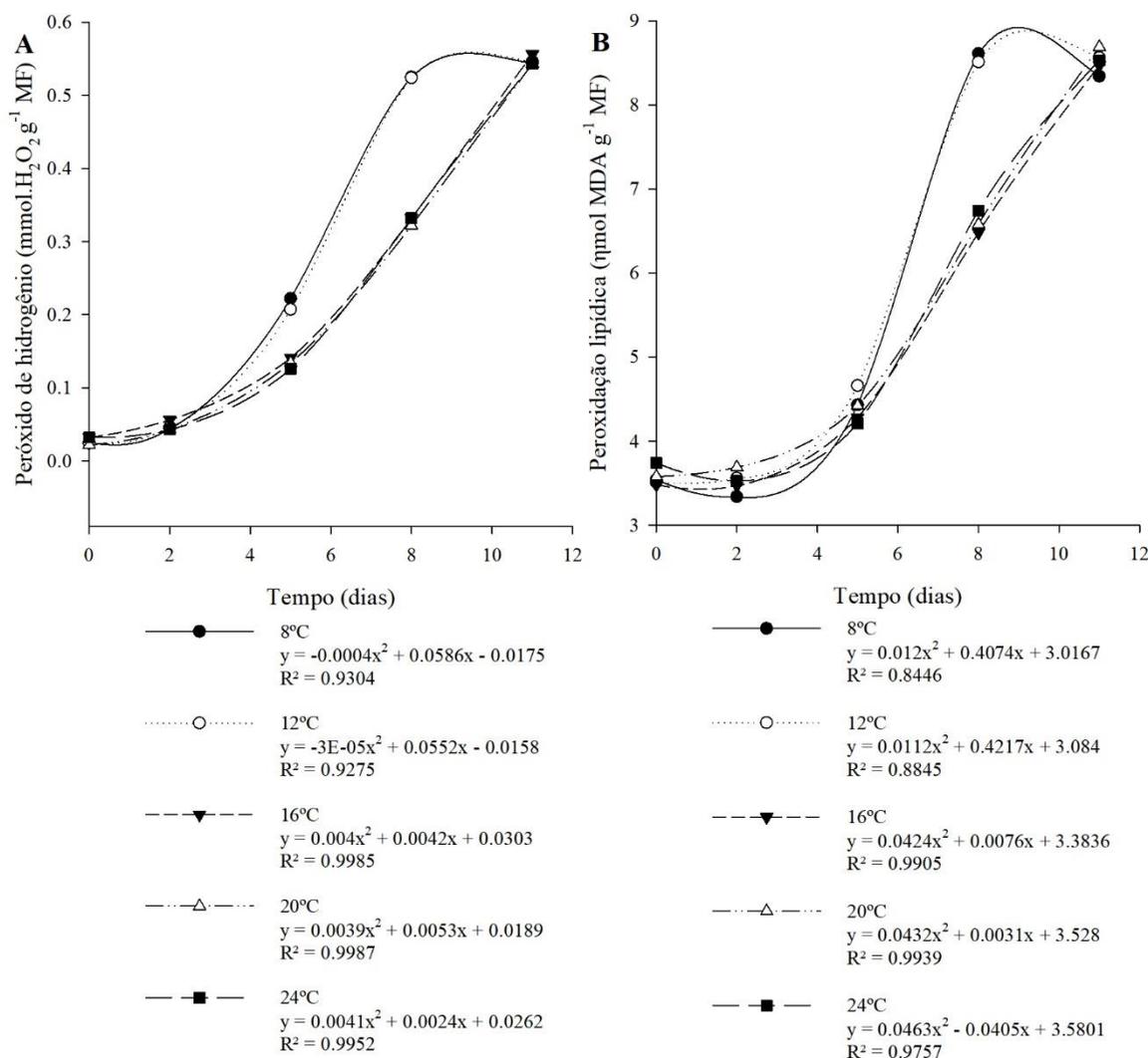


Figura 7. (A) Peróxido de hidrogênio e (B) peroxidação lipídica das hastes florais de bastão-do-imperador submetidas às diferentes temperaturas de armazenamento pós-colheita.

O resfriamento das hastes florais armazenadas pode causar danos às membranas celulares e também vazamento de eletrólitos os quais são parâmetros que indicam a injúria causada pelo frio assim como foi observado para o bastão-do-imperador na temperatura de 8 °C. O dano às membranas é o ponto inicial que indica um possível estresse pelas baixas temperaturas que consequentemente causam lesões e gera EROs e sua remoção vem através do sistema antioxidante enzimático e não enzimático (PEREIRA et al., 2018).

Os lipídios passam do estado coloide para o cristalino resultando em alterações no metabolismo, alterações na produção de etileno e ativação dos sistemas enzimáticos associados à membrana. Todos estes fatores citados causam, junto do aumento de H₂O₂, o aumento da

peroxidação lipídica (PEREIRA et al., 2018) como observado nas hastes de bastão-do-imperador armazenadas nas temperaturas de 8 °C e 12 °C. Entretanto, quando associado com a avaliação visual, as hastes armazenadas em temperatura de 12 °C mantiveram maior qualidade e durabilidade, indicando que esta temperatura possa ser um limite mínimo tolerável para as hastes de bastão-do-imperador.

Não houve expressão das enzimas do sistema antioxidante, superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT), independente da temperatura de armazenamento.

Manchas de escurecimento presentes nas hastes de bastão-do-imperador, advindas por injúrias na temperatura de 8 °C ou início de senescência das que foram armazenadas nas demais temperaturas, estão relacionadas com o H₂O₂ que são aceptores de compostos fenólicos relacionados a processos oxidativos que conseqüentemente ativam o sistema antioxidante (PEREIRA et al., 2018). O aparecimento de manchas nas hastes de bastão-do-imperador e a curta durabilidade das hastes, quando comparado com outras espécies tropicais, estão associados a ausência de expressão da SOD e CAT e conseqüentemente com o aumento das EROs. Além disso, esta relação também ocorre com a redução de antocianinas já que este pigmento é oxidado pelo H₂O₂.

A quantificação de macromoléculas permite analisar as fontes de reserva e seu consumo ao longo do tempo. O consumo de proteínas (Figura 8 A) se inicia para todos os tratamentos após o pulsing e vão sendo consumidas ao longo do tempo. Até o 5º dia o consumo de proteína é semelhante, diferenciando a partir do 8º dia o qual as hastes armazenadas em 8 °C e 12 °C tiveram menor consumo que as demais.

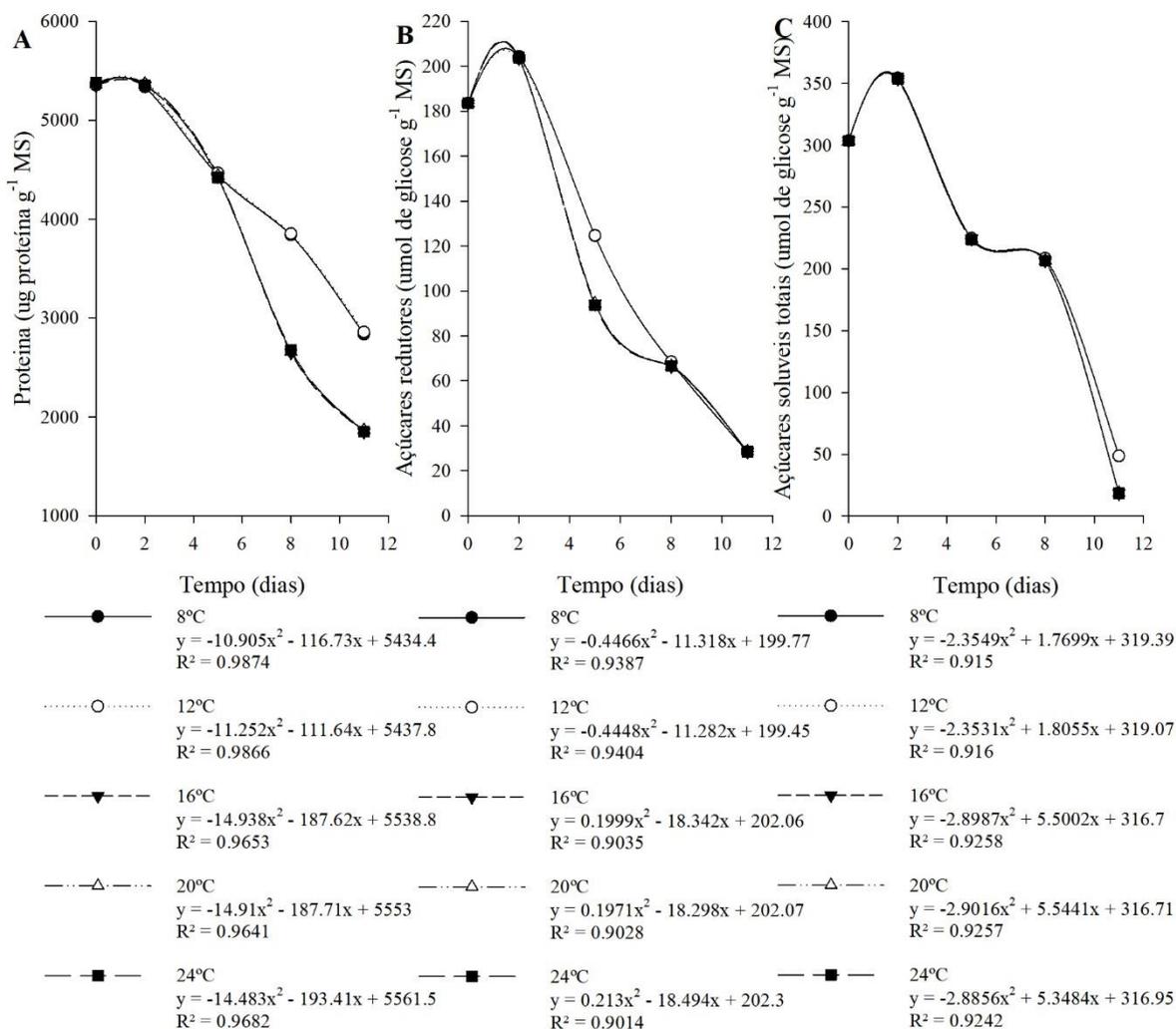


Figura 8. (A) Proteínas, (B) açúcares redutores e (C) açúcares solúveis totais das hastes florais de bastão-do-imperador submetidas às diferentes temperaturas de armazenamento pós-colheita.

Tanto os açúcares redutores (Figura 8 B) quanto os solúveis totais (Figura 8 C) aumentaram no 2º dia devido a inserção das hastes na solução de pulsing. Para os açúcares redutores no 5º dia, as hastes armazenadas em 8 °C e 12 °C tem menor consumo em relação as demais temperaturas testadas, entretanto, a partir do 8º dia não há diferença entre os tratamentos. Para os açúcares solúveis totais, o comportamento é semelhante ao longo do tempo diferenciando somente no 11º dia, sendo que as hastes armazenadas com 8 °C e 12 °C tiveram menor consumo.

A redução das reservas de proteína durante a senescência é devido à inibição da síntese de proteínas nas hastes florais após a colheita. Inicia-se com a perda da capacidade funcional

das membranas, aumento da produção de EROs e, finalmente, senescência do tecido e morte. Tanto as proteínas quanto os açúcares são macromoléculas de reserva que são degradados durante o processo de senescência de forma natural, mas que pode ser atenuado quando em menores temperaturas (P LIMA SILVA et al., 2020)

De forma geral, o conteúdo de açúcares redutores e solúveis totais reduziram durante a senescência das hastes florais devido a processos oxidativos que ocorrem após a colheita, assim como foi observado para o bastão-do-imperador. Para prolongar a vida de vaso, a técnica de resfriamento ao armazenar as hastes, quando em temperatura que não cause injúrias, mantém os níveis de carboidratos e outras moléculas nas hastes (ALMEIDA et al., 2009).

Temperaturas de resfriamento tem efeito na atividade respiratória e, conseqüentemente, no consumo de açúcares e proteínas uma vez que atuam no balanço hídrico, metabolismo e ação do etileno, além de interagir com outros hormônios vegetais (CAVASINI et al., 2018). As hastes de bastão-do-imperador expostas a temperaturas mais frias de armazenamento possuíam maiores teores de macromoléculas ao longo do período de armazenamento, quando comparadas àquelas armazenadas em temperatura ambiente.

Mesmo as hastes armazenadas em 8 °C manterem as reservas por mais tempo, estas também induziram a produção de EROs que causaram injúrias e perda da qualidade. O mesmo comportamento em relação as reservas de proteínas, açúcares e produção de H₂O₂ foi observado para as hastes armazenadas em 12 °C, entretanto, como estas hastes absorveram mais água quando comparadas com as armazenadas em 8 °C, mantiveram por mais tempo a qualidade. Esta relação indica que os maiores conteúdos de proteínas e açúcares associados a absorção de água que está relacionado com a hidratação e maior turgidez, mantiveram por mais tempo a qualidade do bastão-do-imperador e aumentaram a durabilidade quando comparado com as demais temperaturas testadas.

4. CONCLUSÕES

Temperaturas mais baixas de armazenamento para as hastes de bastão-do-imperador reduziram a porcentagem de flor verdadeira, a taxa de absorção, massa fresca e massa seca, entretanto, aumentam o conteúdo de carotenoides assim como peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica. Também foi observado que a temperatura de armazenamento de 8 °C causa injúrias pelo frio.

Temperaturas mais altas aceleram o aparecimento das flores verdadeiras e consequentemente aumentam o consumo das reservas de proteínas e açúcares perdendo a qualidade mais rápido e reduzindo a durabilidade das hastes.

Diante do exposto, recomenda-se o armazenamento das hastes de bastão-do-imperador nas temperaturas de 12 °C e 16 °C uma vez que apresentam por mais tempo maior qualidade para comercialização.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E. F. A.; PAIVA, P. D. D. O.; LIMA, L. C. D. O.; RIBEIRO, M. N. O.; MORAES, D. N.; RESENDE, M. L.; ... PAIVA, R. Senescência de inflorescências de copo-de-leite: influência de diferentes armazenamentos e procedimentos pós-colheita. **Ornamental Horticulture**, v. 15, n. 1, 2009. <https://doi.org/10.14295/rbho.v15i1.437>

BRADFORD, M. M. Um método rápido e sensível para a quantificação de quantidades de microgramas de proteína utilizando o princípio da ligação proteína-corante. **Bioquímica analítica**, v. 72, n. 1-2, p. 248-254, 1976.

BUEGE, J. A.; AUST, S. D. [30] Microsomal lipid peroxidation. **In Methods in enzymology**, v. 52, p. 302-310, 1978. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(78\)52032-6](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(78)52032-6)

CARNEIRO, D. N. M.; DE OLIVEIRA PAIVA, P. D.; CARNEIRO, L. F.; DE SOUZA RODRIGUES, R.; CARLOS DE OLIVEIRA LIMA, L.; DIAS, G. D. M. G.; PEDROSO, R. G. A. V. Developmental stage and pulsing in inflorescences of torch ginger. **Ornamental Horticulture**, v. 20, n. 2, p. 163-170, 2014. <https://doi.org/10.14295/rbho.v20i2.578>

CAVASINI, R.; LASCHI, D.; TAVARES, A. R.; LIMA, G. P. P. Carbohydrate reserves on postharvest of lisianthus cut flowers. **Ornamental Horticulture**, v. 24, n. 1, p. 12-18, 2018. <https://doi.org/10.14295/oh.v24i1.1108>

COSTA, A. S.; NOGUEIRA, L. C.; DOS SANTOS, V. F.; CAMARA, T. R.; LOGES, V.; WILLADINO, L. Armazenamento de hastes florais de *Heliconia bihai* (L.) cv. Lobster Claw em baixa temperatura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 9, p. 966-973, 2011.

COSTA, L. C.; DE ARAUJO, F. F.; RIBEIRO, W. S.; DE SOUSA SANTOS, M. N.; FINGER, F. L. Fisiologia pós-colheita de flores de corte. **Ornamental Horticulture**, v. 27, p. 374-385, 2021. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v27i3.2372>

COSTA, L. C. D.; ARAÚJO, F. F. D.; SANTOS, M. N. D. S.; LIMA, P. C. C.; PEREIRA, A. M.; FINGER, F. L. Vida de vaso e capacidade de reidratação de flores de gladiolo armazenadas a seco em baixa temperatura. **Ciência Rural**, v. 47, n. 2, 2017. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160139>

FERREIRA, D. F. Sisvar: um guia dos seus procedimentos de comparações múltiplas Bootstrap. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. **Anthocyanins as food colors**, v. 1, p. 280, 1982.

LAGO, R. C.; DE OLIVEIRA, A. L. M.; DIAS, M. C.; DE CARVALHO, E. E. N.; TONOLI, G. H. D.; BOAS, E. V. D. B. V. Obtaining cellulosic nanofibrils from oat straw for biocomposite reinforcement: Mechanical and barrier properties. **Industrial Crops and Products**, v. 148, p. 112264, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112264>

LICHTENTHALER, H. K.; WELLBURN, A. R. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. **Biochemical Society Transactions**, 1983. <https://doi.org/10.1042/bst0110591>

MATTOS, D. G.; PAIVA, P. D. D. O.; ELIAS, H. H. D. S.; BOAS, E. V. D. B. V.; RODRIGUES, L. F.; LAGO, R. C. D. Amido e açúcares solúveis totais em pós-colheita de inflorescências de bastão-de-imperador. **Ornamental Horticulture**, v. 24, n. 4, p. 435-442, 2018. <https://doi.org/10.14295/oh.v24i4.1205>

MEKAPOGU, M.; VASAMSETTI, B. M. K.; KWON, O. K.; AHN, M. S.; LIM, S. H.; JUNG, J. A. Anthocyanins in Floral Colors: Biosynthesis and Regulation in Chrysanthemum Flowers. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 18, p. 6537, 2020. <https://doi.org/10.3390/ijms21186537>

MENEGAES, J. F.; NUNES, U. R.; BELLÉ, R. A.; BACKES, F. A. A. L. Pós-colheita de hastas florais de cártamo em diferentes soluções conservantes. **Acta Iguazu**, v. 9, n. 2, p. 67-80, 2020. <https://doi.org/10.48075/actaiguaz.v9i2.23328>

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959. <https://doi.org/10.1021/ac60147a030>

PEREIRA, A. M.; DE PAULA GOMES, M.; FREIRE, A. I.; DA COSTA, L. C.; DOS SANTOS, R. M. C.; FINGER, F. L. Salicylic acid reduces chilling injury in post-harvest of Bird-of-Paradise. **Revista Brasileira De Ciências Agrárias**, v. 13, n. 3, p. 1-6, 2018. <https://doi.org/10.5039/agraria.v13i3a5558>

SALES, T. S.; PAIVA, P. D. D. O.; MANFREDINI, G. M.; NASCIMENTO, Â. M. P. D.; REIS, M. V. D. Water relations in cut calla lily flowers maintained under different postharvest solutions. **Ornamental Horticulture**, v. 27, p. 126-136, 2021. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v27i2.2235>

SANTOS, J. S. C.; GRZEBIELUCKAS, C.; DE FRANÇA, R. N. C.; RODRIGUES, F. X. F.; NUNES, E. S. Diversificação da Produção com Flores Tropicais: Qual o interesse dos agricultores familiares de Tangará da Serra-MT?. **Desenvolvimento em Questão**, v. 18, n. 50, p. 129-145, 2020. <https://doi.org/10.21527/2237-6453.2020.50.129-145>

SILVA, C. G. D.; KRAUSE, S.; BOTINI, A. F.; FRANÇA, R. P. A. D.; SILVA, C. A. Postharvest durability of Heliconiaceae evaluated in a controlled environment in Mato Grosso state, Brazil. **Ornamental Horticulture**, v. 25, p. 80-86, 2019. <https://doi.org/10.14295/oh.v25i1.1229>

SILVA NETA, I. C.; VON PINHO, É. V. D. R.; DE ABREU, V. M.; VILELA, D. R.; SANTOS, M. C.; DOS SANTOS, H. O.; FERREIRA, R. A. D. C.; VON PINHO, R. G.; DE CASTRO VASCONCELLOS, R. C. Gene expression and genetic control to cold tolerance during maize seed germination. **BMC plant biology**, v. 20, n. 1, p. 1-14, 2020. <https://doi.org/10.1186/s12870-020-02387-3>

SILVA, Y. P. L.; DA ROSA FERRAZ JARDIM, A. M.; DA SILVA, L. F.; DE MEDEIROS, D. C.; DA COSTA, F. B.; DE SOUZA, A. V.; ... DA S VIEIRA, M. R. Acid influences postharvest quality and oxidative activity of gerbera cut flowers. **Journal of Applied Horticulture**, v. 22, n. 2, 2020.

VELIKOVA, V.; YORDANOV, I.; EDREVA, A. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants: protective role of exogenous polyamines. **Plant science**, v. 151, n. 1, p. 59-66, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(99\)00197-1](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(99)00197-1)

WEI, Z.; ARAZI, T.; HOD, N.; ZOHAR, M.; ISAACSON, T.; DORON-FAIGENBOIM, A.; ... YEDIDIA, I. Transcriptome profiling of *Ornithogalum dubium* leaves and flowers to identify key carotenoid genes for CRISPR gene editing. **Plants**, v. 9, n. 4, p. 540, 2020. <https://doi.org/10.3390/plants9040540>

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. Estimativa de carboidratos em extratos vegetais por antrona. **Revista Bioquímica**, v. 57, n. 3, p. 508-514, 1954.