

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**

**Qualidade de batata-semente colhida em épocas e regiões diferentes**

Paulo Victor dos Santos Ramos  
*Magister Scientiae*

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2025**

**PAULO VICTOR DOS SANTOS RAMOS**

**Qualidade de batata-semente colhida em épocas e regiões diferentes**

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

Orientador: Wellington Souto Ribeiro

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2025**

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

T

R175q Ramos, Paulo Victor dos Santos, 1998-  
2025 Qualidade de batata-semente colhida em épocas e regiões  
diferentes / Paulo Victor dos Santos Ramos. – Viçosa, MG,  
2025.

1 dissertação eletrônica (46 f.): il.

Orientador: Wellington Souto Ribeiro.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,  
Departamento de Agronomia, 2025.

Referências bibliográficas: f. 38-46.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2025.677>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Batata - Semente. 2. Dormência de semente.  
3. Germinação. I. Ribeiro, Wellington Souto, 1989-.  
II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de  
Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia.  
III. Título.

CDD 22. ed. 635.2123

**PAULO VICTOR DOS SANTOS RAMOS**

**Qualidade de batata-semente colhida em épocas e regiões diferentes**

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

APROVADA: 31 de julho de 2025.

Assentimento:

---

Paulo Victor dos Santos Ramos  
Autor

---

Wellington Souto Ribeiro  
Orientador

Essa dissertação foi assinada digitalmente pelo autor em 23/10/2025 às 16:06:32 e pelo orientador em 28/10/2025 às 09:07:23. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **8W1B.YRVM.2A9U** e clique no botão 'Validar documento'.

## **AGRADECIMENTOS**

Este trabalho foi realizado com o apoio das seguintes agências de pesquisa brasileiras: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

## RESUMO

RAMOS, Paulo Victor dos Santos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2025. **Qualidade de batata-semente colhida em épocas e regiões diferentes.** Orientador: Wellington Souto Ribeiro.

A produtividade e a qualidade do tubérculo comercial de batata estão condicionadas à qualidade da batata-semente. Esta é preservada pela manutenção da dormência após a colheita e durante o armazenamento. A dormência impede a brotação prematura e o consumo dos carboidratos de reserva, sendo influenciada pela época e pelo status fisiológico do tubérculo no momento da colheita. A época de colheita, aliada às condições de armazenamento, influencia a quebra de dormência e a brotação, impactando a qualidade da batata-semente, as perdas por podridão e o custo por caixa. O objetivo foi avaliar o efeito da época de colheita na qualidade da batata-semente das variedades Asterix e Orchestra durante o armazenamento refrigerado, o custo diferencial e o impacto econômico da temperatura e do tempo de armazenamento. O índice de brotação, a perda de massa, o metabolismo de carboidratos, a concentração de CO<sub>2</sub> na câmara de armazenamento, a incidência de podridões e o custo diferencial foram analisados. Os tubérculos da variedade Asterix apresentaram maior estabilidade fisiológica e dormência mais longa durante o armazenamento. Em contraste, a brotação ocorreu precocemente nos tubérculos da variedade Orchestra. A época de colheita influenciou diretamente o estado fisiológico inicial dos tubérculos, interferindo em sua resposta ao armazenamento. Para a cultivar Asterix, recomenda-se o armazenamento a 1,5 °C, devido à maior capacidade de prolongar a dormência e reduzir riscos fisiológicos. Já para a cultivar Orchestra, recomenda-se o armazenamento a 1,5 ou 3,5 °C, pois apresenta maior sensibilidade à brotação, exigindo controle rigoroso das condições. O uso de câmaras maiores favorece o custo-benefício pelo volume, compensando a menor estabilidade fisiológica da variedade em ambos os casos.

Palavras-chave: batata-semente; brotação; dormência

## ABSTRACT

RAMOS, Paulo Victor dos Santos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2025. **Quality of seed potatoes harvested at different times and regions.** Adviser: Wellington Souto Ribeiro.

The productivity and quality of marketable potato tubers are conditioned by the physiological quality of seed potatoes. This quality is preserved by maintaining dormancy after harvest and throughout storage. Dormancy prevents premature sprouting and the consumption of carbohydrate reserves, and is influenced by harvest timing and the physiological status of the tuber at harvest. Harvest timing, combined with storage conditions, affects dormancy break and sprouting, impacting seed potato quality, postharvest losses due to rotting, and storage costs. This study aimed to evaluate the effect of harvest time on the quality of seed potatoes of the cultivars Asterix and Orchestra during cold storage, as well as the differential storage costs and the economic impact of temperature and storage duration. Sprouting index, mass loss, carbohydrate metabolism, CO<sub>2</sub> concentration in the storage chamber, incidence of tuber rots, and differential costs were analyzed. Asterix tubers were physiologically more stable during storage, maintaining a longer dormancy period. In contrast, Orchestra tubers showed early sprouting and greater sensitivity to storage conditions. Harvest timing directly influenced the initial physiological status of the tubers, affecting their response to storage. For Asterix, storage at 1.5 °C is recommended, given its longer dormancy and reduced physiological risks. For Orchestra, storage at 1.5 or 3.5 °C is advisable, due to its higher sprouting sensitivity, requiring stricter control of storage conditions. The use of larger cold chambers improves cost-effectiveness by volume, partially compensating for the lower physiological stability of this cultivar.

Keywords: seed potato; sprouting; dormancy

## Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. HIPÓTESE .....	8
3. OBJETIVO .....	9
4. METODOLOGIA.....	9
4.1. Delineamento experimental e caracterização do material vegetal .....	9
4.2. Procedimento experimental para o armazenamento das batatas-semente colhidas em diferentes épocas e locais .....	9
4.2.1. Variáveis respostas.....	10
4.2.1.1. Índice de brotação.....	10
4.2.1.2. Perda de massa total.....	10
4.2.1.3. Carboidratos não estruturais.....	10
4.2.1.4. Concentração de CO <sub>2</sub> na câmara de armazenamento.....	11
4.2.1.5. Incidência de podridões.....	11
4.2.1.6. Análise de custos e impacto econômico.....	12
4.3. Análise dos dados.....	12
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
5.1. Índice de brotação .....	13
5.2. Perda de massa total (PMT) .....	17
5.3. Metabolismo de carboidratos .....	21
5.3.1. Teor de amido.....	21
5.3.2. Açúcares Redutores (AR).....	24
5.4. Açúcares Solúveis Totais (AST).....	27
5.5. Concentração de CO <sub>2</sub> na câmara de armazenamento.....	30
5.6. Incidência de podridões .....	31
5.7. Análise de custos .....	32
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO.....	37
AGRADECIMENTOS .....	38
REFERÊNCIAS .....	38

## 1. INTRODUÇÃO

A produtividade e a qualidade do tubérculo comercial de batata estão diretamente relacionadas à qualidade fisiológica da batata-semente. Essa qualidade é dependente da manutenção da dormência após a colheita e durante o armazenamento, uma vez que a dormência inibe a brotação prematura e a mobilização precoce dos carboidratos de reserva, que são essenciais para o crescimento inicial das plantas (Hubert et al., 2024). A época da colheita, aliada ao *status* fisiológico do tubérculo no momento da retirada do campo, com ou sem a ocorrência do processo de cura, influencia a duração da dormência e a capacidade de conservação do material propagativo, sendo determinantes para a performance agrônômica da lavoura subsequente (Seppelt et al., 2022; Zou et al., 2024).

A fisiologia pós-colheita da batata-semente é influenciada por fatores como temperatura, umidade relativa do ar e ventilação durante o armazenamento (Lal et al., 2022). Alterações nesses parâmetros afetam a integridade dos tecidos dos tubérculos, o metabolismo e a duração da dormência, que, por sua vez, impacta a qualidade fisiológica da batata-semente e sua capacidade de originar plantas com máxima expressão do potencial de emergência e desenvolvimento vegetativo (Di et al., 2024). A suscetibilidade à brotação precoce, à perda de massa fresca e o ataque de patógenos estão relacionados à combinação entre o estado fisiológico no momento da colheita e as condições ambientais subsequentes (Bosco, 2022). Além disso, diferentes cultivares podem responder de forma distinta ao armazenamento, apresentando variações no tempo de dormência, na taxa de perda de massa fresca e no metabolismo dos carboidratos, o que reforça a necessidade de estratégias específicas de manejo (Jeandet et al., 2022).

A temperatura de armazenamento e o tempo de exposição a essas condições são os principais fatores que modulam a quebra da dormência (Pott; Vallarino; Osorio, 2020). Faixas moderadas de temperatura, entre 3 e 20 °C, tendem a reduzir progressivamente a duração da dormência, enquanto temperaturas extremas, inferiores a 2 ou superiores a 30 °C, desencadeiam mecanismos fisiológicos que promovem a brotação ou comprometem a viabilidade dos tubérculos. Após a quebra da dormência, a brotação é mais intensa quando os tubérculos são expostos a temperaturas entre 10 e 16 °C, devido ao acúmulo de açúcares redutores. Já temperaturas abaixo de 4 °C podem inibir o crescimento dos brotos mesmo após a dormência ser superada, ao reduzir a atividade metabólica (Pott et al., 2020; Kurm et al., 2024).

A influência da época de colheita na resposta fisiológica dos tubérculos ao armazenamento refrigerado permanece pouco explorada, sobretudo em cultivares amplamente utilizadas no Brasil. A colheita antecipada ou tardia, decorrentes de uma decisão estratégica ou circunstancial, pode resultar em tubérculos em diferentes estádios de maturação, o que afeta diretamente sua capacidade de manter a dormência, resistir à desidratação e suportar o estresse de frio (Seppelt et al., 2022). Esse fator pode ser ainda mais crítico no Brasil devido a diversidade edafoclimática, onde a batata é cultivada em regiões com variações de altitude, temperatura, tipo de solo e regime hídrico.

Além dos aspectos fisiológicos e bioquímicos, o armazenamento refrigerado é um componente relevante do custo de produção da batata-semente. A variação no tempo de armazenamento está diretamente relacionada à época de colheita, uma vez que tubérculos colhidos antecipadamente permanecem armazenados por períodos mais longos até o plantio subsequente, enquanto aqueles colhidos tardiamente exigem menor tempo de conservação, dada a proximidade com a nova safra. O tempo e a temperatura de armazenamento impactam diretamente no custo por unidade armazenada, além de influenciar a eficiência fisiológica da semente e sua posterior produtividade em campo.

Portanto, a época de colheita dos tubérculos de batata, combinada com as condições de armazenamento subsequentes, pode ter um papel crucial na qualidade das batatas-semente e nos custos de produção. A época de brotação da batata-semente deve corresponder à época de semeadura para obter uma emergência rápida, uniforme e forte das plantas. É fundamental alinhar o período de formação dos tubérculos com o período de colheita para evitar esses problemas. Assim, a preservação da qualidade e da capacidade de armazenamento da batata após a colheita é uma preocupação crítica para uma boa produção. O armazenamento refrigerado também possibilita a programação de plantio em épocas diferentes. Esta prática visa otimizar o manejo da batata-semente, contribuindo para a maximização da qualidade e produtividade da cultura da batata.

## **2. HIPÓTESE**

A época de colheita dos tubérculos de batata, aproveitando as condições climáticas favoráveis, como decisão estratégica ou circunstancial, em conjunto com as condições subsequentes de armazenamento, influencia significativamente a quebra da dormência e a brotação, resultando em batatas-semente de melhor qualidade, reduzindo as perdas por

podridões pós-colheita e garantindo uma maturidade fisiológica adequada. O custo por caixa de batata-semente será alterado pelo custo do armazenamento.

### **3. OBJETIVO**

Avaliar o efeito da época de colheita na qualidade da batata-semente das variedades Orchestra e Asterix durante o armazenamento refrigerado, o custo diferencial e o impacto econômico da temperatura e do tempo armazenamento, e a posterior eficiência produtiva.

### **4. METODOLOGIA**

#### **4.1. Caracterização do material vegetal e regiões de cultivo**

O experimento foi realizado com 2 (duas) variedades de batatas-sementes, Asterix (indicada para processamento, como pré-frita congelada) e Orchestra (indicada para consumo *in natura*). As duas cultivares foram cultivadas em 3 (três) regiões de produção: Vargem Grande do Sul, São Paulo (altitude de 750 m; clima subtropical, com temperatura média anual de 19,5 °C; precipitação anual média entre 1.500 mm concentrada no verão; Latossolo Vermelho Eutroférico argiloso); Mucugê, Bahia (altitude de 1.000 m; clima tropical de altitude – verões amenos e invernos mais secos – com temperatura anual média de 20 °C; precipitação anual média entre 900 mm concentrada no verão; Latossolo Amarelo distrófico argiloso com algumas áreas de Neossolo Quartzarênico de baixa fertilidade) e Rio Paranaíba, Minas Gerais (altitude de 900 metros; clima tropical de altitude com estações bem definidas (verão quente e chuvoso, inverno seco e mais ameno) com temperatura média anual de 20,5 °C; precipitação média anual de 1.450 mm; Latossolos vermelhos e vermelhos-amarelos, ricos em argila e matéria orgânica.

#### **4.2. Procedimento experimental para o armazenamento das batatas-semente colhidas em diferentes épocas e locais**

Os tubérculos, imediatamente após a colheita, foram transportados para o Laboratório de Fisiologia Vegetal e Fisiologia Pós-colheita do Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa, onde foram armazenados em câmara fria, em lotes de 300 tubérculos de cada variedade, sob três temperaturas (1,5; 3,5 e 6,5 ± 1

°C), umidade relativa acima de  $80 \pm 5\%$  e com monitoramento de CO<sub>2</sub>. Os tubérculos foram avaliados mensalmente de agosto de 2024 a fevereiro de 2025.

#### **4.2.1. Variáveis respostas**

##### ***4.2.1.1. Índice de brotação***

O índice de brotação foi determinado pela contagem mensal do número de tubérculos que apresentaram brotos visíveis ( $\geq 2$  mm de comprimento), com paquímetro digital (MTX) durante o período de armazenamento. As avaliações foram realizadas aos 0, 30, 60, 90 e 120 dias após o início do armazenamento, em ambas as cultivares, nas três temperaturas de armazenamento, em 20 amostras de cada tratamento, previamente marcadas de forma aleatória e mantidas sob as mesmas condições dos tratamentos principais. Os resultados foram expressos como porcentagem de tubérculos brotados em relação ao total avaliado por unidade experimental.

##### ***4.2.1.2. Perda de massa total***

A perda de massa dos tubérculos foi determinada por pesagens mensais, em balança de bancada (Micronal B200) realizadas aos 0, 30, 60, 90 e 120 dias de armazenamento, em ambas as cultivares, nas três temperaturas de armazenamento, em 10 amostras previamente marcadas de forma aleatória e mantidas sob as mesmas condições dos tratamentos principais. Foi expressa em porcentagem, calculada com base na diferença entre a massa inicial e a massa em cada tempo de avaliação, segundo a fórmula:

$$\text{Perda de massa (\%)} = \frac{(\text{Massa inicial} - \text{Massa final})}{\text{Massa inicial}} \times 100.$$

##### ***4.2.1.3. Carboidratos não estruturais***

- Extração: Cerca de 2 g da amostra, obtida a partir do terço médio de dois tubérculos de cada variedade em cada uma das três temperaturas, foi triturada e dissolvida em álcool etílico 80% fervente. Em seguida, a solução foi centrifugada a 2000 rpm por 15 min. O sobrenadante foi recuperado e filtrado. O extrato foi aferido para volume conhecido (15 ml) com etanol 80% e posteriormente utilizado para quantificação de açúcares solúveis totais, açúcares redutores e amido. O procedimento foi realizado em cinco repetições para cada variedade e temperatura, totalizando 30 amostras.

- Açúcares solúveis totais (%): foram determinados pelo método fenol-sulfúrico (Dubois et al., 1956). O meio reacional, formado por 10 µL do extrato alcóolico, 1,25 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e 250 µL de fenol 5% (p/v), foi aquecido a 30 °C por 20 min. Após esse procedimento, a absorbância foi lida a 490 nm em espectrofotômetro (GENESYS™ UV-VIS Thermo Scientific). A concentração foi estimada a partir de uma curva de calibração utilizando sacarose como padrão. As leituras foram realizadas em duplicata para cada amostra, totalizando 60 leituras.

- Açúcares redutores (%): foi determinado pelo método ácido dinitrossalicílico (DNS) (Gonçalves et al., 2010). A reação foi formada pela adição de 500 µl do extrato alcóolico em 500 µl de DNS. O meio reacional foi aquecido a 100 °C por 5 min. Após esse procedimento a absorbância foi lida a 540 nm em espectrofotômetro (GENESYS™ UV-VIS Thermo Scientific). A concentração foi estimada mediante curva de calibração com a frutose. As leituras foram realizadas em duplicata para cada amostra, totalizando 60 leituras.

- Amido (%): foi determinado a partir do resíduo proveniente da extração de açúcares solúveis totais (McCready et al., 1950; Dubois et al., 1956). O resíduo foi ressuspenso em 2,5 ml de água destilada e 3,25 ml ácido clorídrico 4% (v/v). As amostras foram deixadas em repouso por 30 minutos a 30 °C, seguindo-se de centrifugação a 2.000 rpm por 10 minutos (Centrifuga Digital DAIKI modelo TITAN). Para a quantificação do teor de amido foi utilizado o mesmo método para quantificação de açúcares solúveis totais descrito anteriormente. As leituras foram realizadas em duplicata para cada amostra, totalizando 60 leituras.

#### ***4.2.1.4. Concentração de CO<sub>2</sub> na câmara de armazenamento***

A concentração de CO<sub>2</sub> na câmara de armazenamento foi determinada por um medidor do tipo Pakeway 3 em 1 para estimar a taxa respiratória.

#### ***4.2.1.5. Incidência de podridões***

A incidência de podridões foi determinada mensalmente pela frequência ou quantidade de tubérculos com sinais de apodrecimento (manchas escuras, áreas moles, e mau cheiro) ao longo do armazenamento. Os dados foram expressos em porcentagem de tubérculos afetados em relação ao total armazenado.

#### **4.2.1.6. Análise de custos e impacto econômico**

Os custos e impacto econômico do tempo e temperatura de armazenamento sobre o custo final da batata-semente foi calculado pelo método de custeio por absorção. Todos os custos do armazenamento, fixos e variáveis, foram incorporados ao custo de produção. Os custos de armazenamento por mês (CAm\*) e ano (CAa\*), o preço de venda da batata-semente (R\$bs), o aumento de custo relativo e o incremento no custo da caixa foram calculados considerando: o custo de câmaras frias de pequeno (R\$ 33.400,00) e grande porte (R\$ 200.000,00), a capacidade das câmaras em m<sup>3</sup> (pequena= 11,40 e grande= 189,00), número máximo de caixas por câmara (pequena= 236,51 e grande= 3.921,16), o consumo de energia por mês das câmaras (pequena= 60,83 e grande= 258,54) e ano (pequena= 730,00 e grande= 3.102,50) em KWh, valor do KWh (KWh= 1,38), a depreciação das câmaras por mês (pequena= 278,33 e grande= 1.666,67) e ano (pequena= 278,33 e grande= 3.340,00) em 10 anos e o custo médio de produção por caixa com baixo (R\$ 58,33) e alto nível (R\$ 58,13) tecnológico de 2023 e 2024. Os dados utilizados nessa pesquisa foram obtidos de fontes primárias.

Vale notar que o CAm representa o custo mensal necessário para manter os tubérculos de batata-semente armazenados em câmaras frias. Inclui custos fixos e variáveis, como o consumo de energia elétrica, a depreciação do equipamento e outros custos operacionais mensais relacionados ao armazenamento. O CAa corresponde ao custo total anual para armazenar os tubérculos em câmaras frias. É a soma dos custos mensais projetados ao longo de 12 meses. O R\$bs é o valor pelo qual cada caixa de batata-semente será vendida após o período de armazenamento.

#### **4.3. Delineamento experimental e análise dos dados**

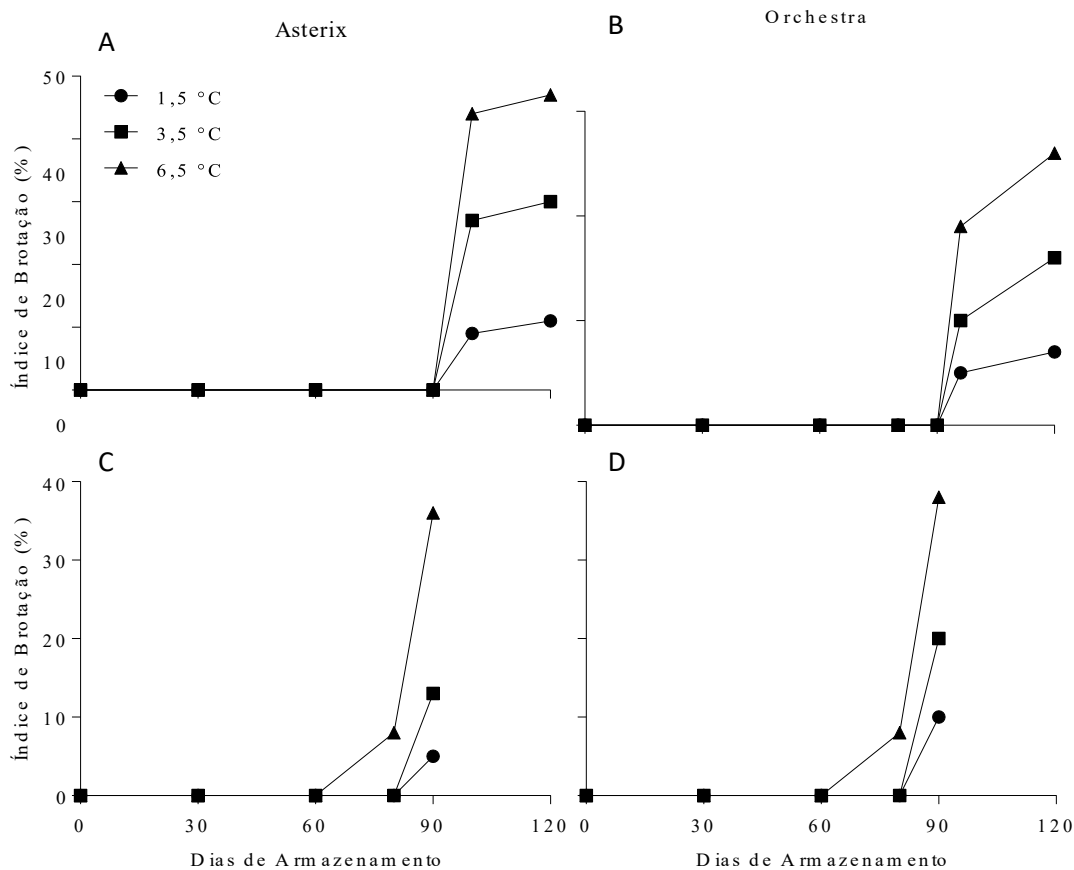
O experimento foi conduzido em DIC e analisado em esquema fatorial 2 × 3 (duas épocas de colheita – até 15 de agosto e após 20 de setembro – e três temperaturas de armazenamento: 1,5, 3,5 e 6,5 °C). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). A normalidade dos resíduos foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade de variâncias pelo teste de Bartlett. As médias e os respectivos erros padrão foram apresentados graficamente no GraphPad Prism.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

## 5.1. Índice de brotação

No armazenamento mais longo (tubérculos armazenados por 120 dias), os tubérculos da cultivar Asterix permaneceram sem sinais de brotação até aproximadamente 100 dias, independentemente da temperatura. A partir desse ponto, foi observado o surgimento de brotos em diferentes estádios de desenvolvimento, caracterizando um padrão de emissão progressiva. Aos 120 dias de armazenamento, a maior incidência de brotação foi registrada a 6,5 °C, com cerca de 44% de tubérculos brotados, seguida pelas temperaturas de 3,5 (27%) e 1,5 °C (12%). No armazenamento mais curto (tubérculos armazenados por 90 dias), não houve brotação até os 60 dias. Apenas nos tubérculos armazenados a 6,5 °C a brotação ocorreu, com valor em torno de 8% aos 80 dias. Aos 80 dias, observou-se aumento nos índices de brotação, alcançando 36% a 6,5; 13% a 3,5 e 5% a 1,5 °C (Figuras 1A e 1C).

Na cultivar Orchestra, os primeiros sinais de brotação ocorreram mais precocemente que em Asterix. No armazenamento mais longo os tubérculos iniciaram a brotação por volta dos 96 dias, com aceleração nas taxas até os 120 dias. As maiores incidências foram observadas a 6,5 (52%), seguidas por 3,5 (32%) e 1,5 °C (14%). No armazenamento mais curto, o padrão foi semelhante, com brotação iniciando próximo aos 80 dias. Aos 90 dias de armazenamento, os índices acumulados foram de 38% a 6,5, 20% a 3,5 e 10% a 1,5 °C. Comparada à Asterix, Orchestra apresentou antecipação discreta no início da brotação e maiores porcentagens acumuladas ao final do armazenamento (Figuras 1B e 1D).



**Figura 1.** Índice de brotação (%) em tubérculos de batata da variedade Asterix (A) e Orchestra (B) colhidos antecipadamente e armazenados por 120 dias a 1,5, 3,5 e 6,5 °C. Índice de brotação (%) em tubérculos de batata da variedade Asterix (C) e Orchestra (D) colhidos tardiamente e armazenados por 90 dias a 1,5, 3,5 e 6,5 °C. As barras de erro representam o erro padrão da média.

Os resultados obtidos evidenciam que a temperatura de armazenamento exerce influência direta sobre o tempo de início e a intensidade da brotação, com padrões diferenciados entre as cultivares. Em condições de armazenamento prolongado, a cultivar Asterix apresentou atraso na brotação, mantendo-se fisiologicamente dormente até aproximadamente 90 dias, independentemente da temperatura. Em contraste, a cultivar Orchestra exibiu quebra de dormência mais precoce e maior porcentagem de tubérculos brotados ao final do armazenamento, especialmente a 6,5 °C. Esse comportamento reforça a maior sensibilidade térmica da Orchestra à indução da brotação, provavelmente associada a características genéticas inerentes a cultivar e ao menor controle metabólico sobre os mecanismos que regulam a dormência. A maior incidência de brotação em temperaturas elevadas confirma que o aumento da temperatura acelera a liberação da

dormência e intensifica a reativação metabólica dos tecidos meristemáticos, com repercussões diretas na qualidade fisiológica dos tubérculos durante o armazenamento.

A dormência em tubérculos de batata é um estado fisiológico temporário no qual as gemas permanecem inativas, mesmo quando expostas a condições ambientais favoráveis ao crescimento. Trata-se de um mecanismo adaptativo que visa proteger o tubérculo e garantir sua viabilidade até o momento mais apropriado para a brotação (Di et al., 2024b; Dogramaci et al., 2024). Esse processo é regulado por uma complexa interação hormonal, na qual o ácido abscísico (ABA) exerce efeito inibitório, enquanto giberelinas, citocininas e etileno estão associados à ativação do crescimento das gemas (Di et al., 2024b). A superação da dormência ocorre gradualmente e é influenciada por fatores genéticos, pelo tempo decorrido desde a colheita e pelas condições ambientais de armazenamento, principalmente a temperatura (Sun et al., 2025). De modo geral, temperaturas mais baixas tendem a manter os tubérculos em dormência por mais tempo, enquanto temperaturas mais elevadas reduzem os níveis de ABA, aceleram o metabolismo e promovem o início da brotação (Chen et al., 2024). Compreender esse comportamento fisiológico é essencial para o manejo pós-colheita, visando à preservação da qualidade comercial dos tubérculos.

No caso da cultivar Asterix, observou-se um comportamento típico de dormência relativamente longa, com variações marcantes em função da temperatura e do tempo de armazenamento. Em ambientes frios (1,5 °C), o metabolismo é mantido em níveis mínimos, preservando o efeito inibitório do ABA e retardando a ativação de vias associadas às giberelinas (Di et al., 2024). Com o aumento da temperatura, especialmente a 6,5 °C, há intensificação das vias metabólicas e redução dos níveis de ABA, o que favorece o crescimento das gemas, resultado já relatado por Golding et al. (2022), que identificaram a temperatura como um dos principais indutores da quebra de dormência.

Além da temperatura, o tempo decorrido desde a colheita influencia significativamente a sensibilidade dos tubérculos aos estímulos ambientais. No armazenamento mais longo, o processo natural de perda da dormência já estava mais avançado, o que explica a intensificação da brotação a partir de determinado ponto, mesmo em condições moderadas. Já no armazenamento mais curto, os tubérculos ainda estavam em fases iniciais da dormência fisiológica, sendo menos responsivos, especialmente nas temperaturas mais baixas.

Contudo, no armazenamento mais longo a 1,5 °C, alguns tubérculos da cultivar Asterix apresentaram sinais de brotação a partir de 100 dias, um comportamento

inesperado. Essa antecipação, ainda que discreta, pode ser atribuída a quebra gradual da dormência fisiológica mesmo em baixas temperaturas, tornando os tecidos meristemáticos mais sensíveis aos estímulos ambientais. Além disso, o estresse térmico prolongado pode ter provocado alterações hormonais, como redução nos níveis de ABA, favorecendo a ativação das gemas (Bajji et al., 2021).

A brotação prematura tem implicações importantes sobre os demais parâmetros de qualidade, especialmente o metabolismo de carboidratos. Durante esse processo, as reservas são mobilizadas para sustentar o crescimento das gemas, resultando frequentemente em redução dos teores de açúcares redutores (AR) ao final do armazenamento.

A cultivar Orchestra, por sua vez, demonstrou comportamento fisiológico distinto, com sinais de dormência mais curtos e maior sensibilidade a estímulos ambientais. A antecipação da brotação, ainda que discreta, sugere menor capacidade de manutenção da dormência, possivelmente relacionada a diferenças genéticas na regulação hormonal, sobretudo no equilíbrio entre ABA e giberelinas. Cultivares com menor acúmulo de ABA durante a formação dos tubérculos tendem a romper a dormência mais rapidamente, mesmo sob condições menos favoráveis (Di et al., 2024).

Esse padrão também reflete uma maior reatividade metabólica da Orchestra ao longo do armazenamento. A intensificação progressiva da brotação em todas as temperaturas indica que os mecanismos de supressão da germinação foram naturalmente superados em menor tempo, particularmente nos tubérculos armazenados por períodos mais longos. A literatura descreve que a Orchestra, assim como outras cultivares de ciclo precoce, apresenta maior taxa respiratória e atividade enzimática após o período de repouso inicial, o que favorece a retomada do crescimento meristemático (Tai et al., 2020).

Mesmo sob temperaturas tradicionalmente inibidoras, como 1,5 °C, a presença de brotação ao final do armazenamento indica que a dormência foi superada, o que pode ser explicado pela ação cumulativa do tempo sobre a fisiologia do tubérculo. Ao longo dos meses, há redução nos níveis de ABA, aumento da sensibilidade às giberelinas e ativação de vias redox que favorecem o crescimento das gemas (Di et al., 2024). Além disso, a Orchestra pode ser mais suscetível a microvariações térmicas dentro da câmara, acelerando localmente a quebra de dormência.

Do ponto de vista prático, esse padrão de brotação mais precoce e intenso indica que a Orchestra possui menor estabilidade em armazenamento prolongado, especialmente

em temperaturas acima de 3,0 °C. Isso deve ser considerado no planejamento pós-colheita, sobretudo quando necessita de armazenamento de batata-semente por período prolongado. Assim como em Asterix, o avanço da brotação nessa cultivar compromete a qualidade fisiológica dos tubérculos, devido à mobilização de reservas e alterações na composição química.

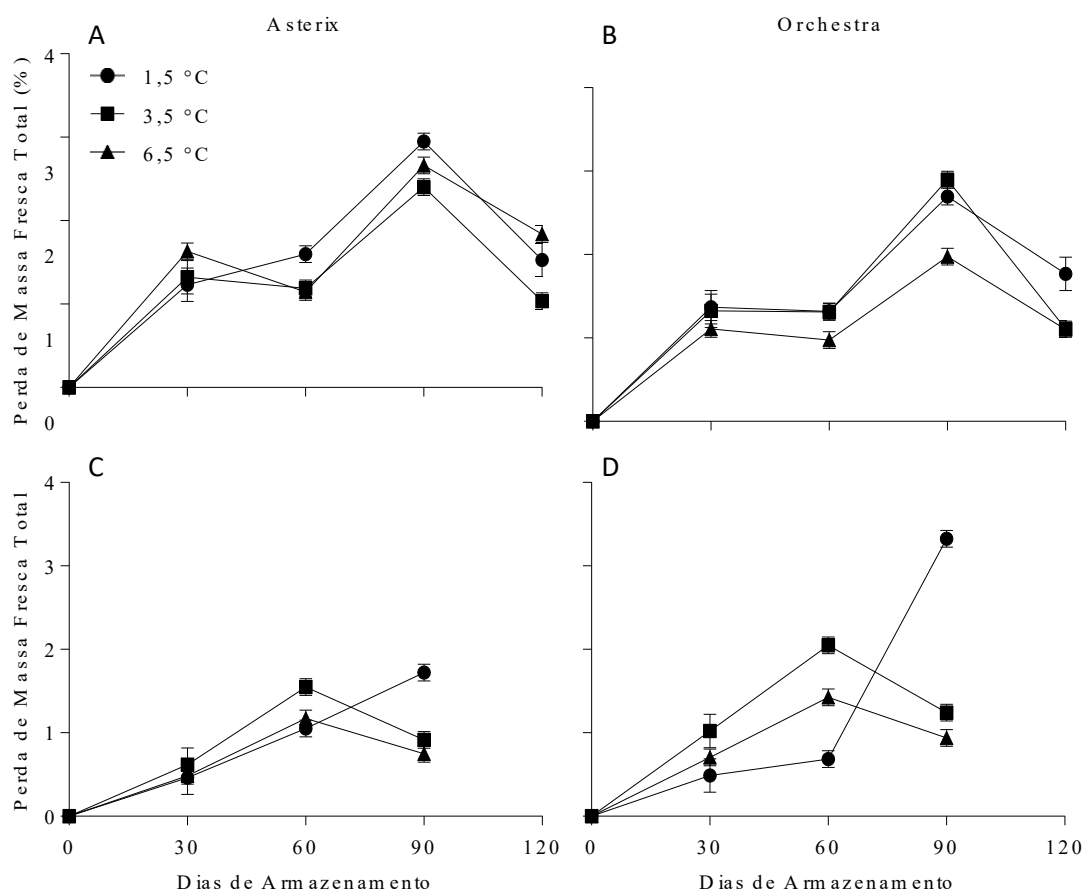
A antecipação e a intensidade da brotação observadas, especialmente nas temperaturas mais elevadas (6,5 °C), indicam uma quebra gradual da dormência associada ao aumento da atividade metabólica dos tubérculos ao longo do armazenamento. Esse processo está intimamente relacionado à mobilização das reservas de carboidratos, sobretudo o amido, convertido em açúcares redutores que, por sua vez, são utilizados como fonte de energia para sustentar o reinício do crescimento meristemático. A brotação, portanto, atua como importante fator desencadeador de perdas fisiológicas, refletidas na redução da massa dos tubérculos, conforme a energia e a água são direcionadas ao desenvolvimento dos brotos e à manutenção do metabolismo basal. Além disso, a perda de massa, intensificada pela baixa umidade relativa e pelo prolongamento do armazenamento, compromete a integridade dos tecidos e favorece a deterioração, tornando os tubérculos menos viáveis para uso como semente e mais suscetíveis a danos físicos e fisiológicos.

## **5.2. Perda de massa total (PMT)**

Nos tubérculos colhidos antecipadamente (antes de agosto) e armazenados por 120 dias (armazenamento prolongado), a perda de massa total (PMT) dos tubérculos das variedades Asterix e Orchestra atingiu o pico por volta dos 90 dias de armazenamento seguido de declínio até os 120 dias, independente da temperatura de armazenamento. Na variedade Asterix, a PMT inicial foi maior nos tubérculos armazenados a 6,5 °C, moderada a 3,5 °C e menor a 1,5 °C. Ao final dos 120 dias, a maior PMT ocorreu nos tubérculos armazenados a 6,5 °C. Na variedade Orchestra, a PMT inicial foi maior nos tubérculos armazenados a 3,5 °C, moderado a 1,5 °C e menor a 6,5 °C. Ao final dos 120 dias de armazenamento a PMT foi maior nos tubérculos armazenados a 3,5 °C e menor a 6,5 °C (Figuras 1A e 1B).

Nos tubérculos colhidos tardiamente (após agosto) e armazenados por 90 dias (armazenamento curto) em ambas as variedades, a PMT foi maior naqueles armazenados

a 1,5 °C. Nos tubérculos armazenados a 3,5 °C a PMT aumentou até os 60 dias de armazenamento e reduziu aos 90 dias. A 6,5 °C, a PMT foi menor (Figuras 1C e 1D).



**Figura 2.** Perda de Massa Total (PMT) (%) em tubérculos de batata da variedade Asterix (A) e Orchestra (B) colhidos antecipadamente e armazenados por 120 dias a 1,5, 3,5 e 6,5 °C. PMT (%) em tubérculos de batata da variedade Asterix (C) e Orchestra (D) colhidos tardiamente e armazenados por 90 dias a 1,5, 3,5 e 6,5 °C. As barras de erro representam o erro padrão da média.

A perda de massa acima de 5-7% durante o armazenamento pode comprometer qualidade fisiológica de tubérculos de batata-semente, pois está associada a desidratação e gasto de reservas potencialmente energéticas (Gumbo; Magwaza; Ngobese, 2021). Esses processos estão diretamente associados à temperatura de armazenamento, à umidade relativa do ambiente de armazenamento e ao estado fisiológico inicial dos tubérculos (Lal et al., 2022).

O aumento da PMT observado até os 90 dias de armazenamento em tubérculos colhidos antecipadamente (antes de agosto) indica uma fase de imaturidade dos tecidos peridérmicos marcada por maior intensidade respiratória e perda hídrica. Nesse período, a periderme ainda está imatura, comprometendo sua eficácia na proteção contra patógenos e desidratação (Soliday et al., 1979; Peterson et al., 1985; Lulai e Orr, 1994, 1995; Lulai e Corsini, 1998). Concomitantemente, o felogênio encontra-se em intensa atividade meristemática, porém é estruturalmente instável, sendo suscetível a fraturas. Essa fragilidade facilita a separação do felema suberizado em relação à feloderma e ao parênquima subjacente (Lulai e Freeman, 2001; Lulai et al., 2015), favorecendo, assim, a perda de água pelos tecidos e o aumento da desidratação dos tubérculos. Esse processo foi mais acentuado nos tubérculos armazenados a 1,5 e 3,5 °C, uma vez que as baixas temperaturas possivelmente retardaram o processo de cura e cicatrização das fraturas (Fugate et al., 2016; Xu et al., 2023). Em raízes de beterraba açucareira, por exemplo, a cicatrização de feridas causadas durante a colheita, transporte e manipulação foi significativamente mais lenta quando armazenadas a 6 °C, em comparação àquelas mantidas a 12 °C, evidenciando o efeito inibidor do frio sobre os mecanismos de reparo. A consolidação da periderme deriva, possivelmente, da deposição de suberina nas paredes do felema. Após a suberização, as células do felema morrem, criando assim uma camada externa de defesa, isolamento térmico, proteção contra a invasão por microrganismos (mecânica e quimicamente) e impedimento contra a dessecação do tecido vegetal (Kolattukudy, 1977). A maior PMT ao final do armazenamento das variedades Asterix e Orchestra, observada a 6,5 e 3,5 °C, respectivamente, resulta do metabolismo dinâmico dos tecidos em desenvolvimento em resposta às condições específicas de armazenamento de cada variedade (Barel e Ginzberg, 2008).

Nos tubérculos colhidos tardiamente e armazenados por 90 dias (armazenamento mais curto) a perda de massa foi maior a 1,5 °C. A maturação da periderme, geralmente leva cerca de duas semanas para formar uma barreira funcional contra a invasão de patógenos e evitar a evaporação (Patil et al., 2012; Suresh et al., 2022). No entanto, não há dados consolidados que identifiquem ou relacionem as alterações maturacionais no felema, felogênio ou feloderme com a suscetibilidade e resistência à desidratação dos tubérculos. A ausência de informações sobre o tipo de células da periderme e estas alterações celulares dificultam a sistematização da maturação da periderme durante a colheita (Lulai e Freeman, 2001). Esta afirmativa se baseia no fato de que, em estudos em ambiente controlado, a maturação da periderme é mais rápida em tubérculos de cultivares

com perda de água caracteristicamente maior (Lulai e Orr, 1994), o que não aconteceu neste estudo. Destaca-se que, nesta condição de armazenamento mais curto, a 6,5 °C apresentou as menores perdas acumuladas, o que contrasta com o cenário da mesma temperatura no armazenamento mais longo. Essa inversão pode ser explicada pelo menor tempo de exposição ao estresse térmico, somado ao possível fechamento parcial dos estômatos e início da formação de barreiras suberosas, que reduziram a transpiração sem tempo suficiente para que o aumento metabólico impactasse de forma significativa o balanço hídrico (Jalakas et al., 2021).

A quebra de dormência e a brotação prematura de tubérculos de batata durante o armazenamento geralmente resultam em redução do peso fresco, consequência da perda de água e da remobilização de reservas energéticas, especialmente o amido, para sustentar o crescimento das novas brotações (Sonnewald e Sonnewald, 2014; Jeandet et al., 2022; Pirredda, 2023). Esses processos são influenciados principalmente pela temperatura de armazenamento e pelo tempo de exposição (Wurr et al., 1976; Lal et al., 2022; Di et al., 2024). No presente estudo, observou-se o início da brotação aos 90 dias em tubérculos colhidos antecipadamente e aos 60 dias naqueles colhidos tardiamente, refletindo o estado fisiológico inicial distinto entre os grupos. No entanto, contrariando o esperado, a perda de massa total (PMT) não aumentou de forma significativa a partir do momento de brotação. Isso sugere que, mesmo com o início do crescimento dos brotos, a transferência de água e açúcares solúveis dos tubérculos para as novas estruturas foi limitada. Esses resultados demonstram que a perda de massa em batata é modulada não apenas pela temperatura, mas também pela interação com o tempo de armazenamento e o estado fisiológico dos tubérculos no momento da colheita.

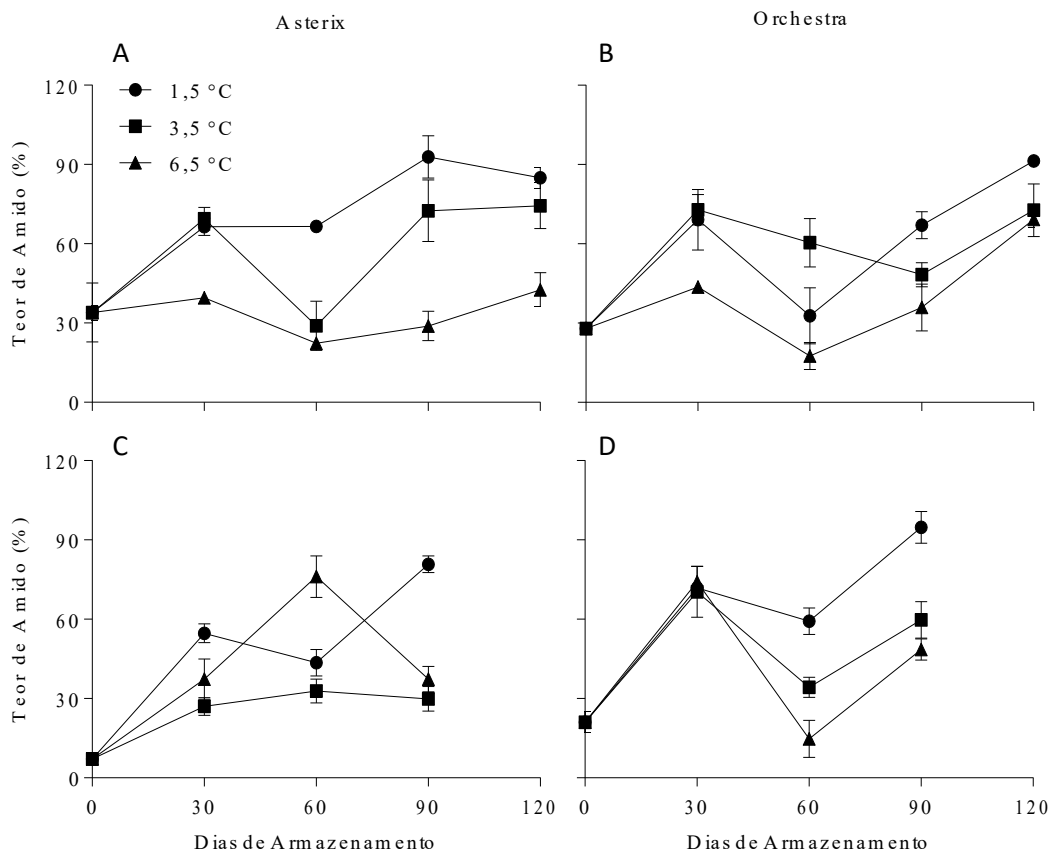
Essas informações reforçam a necessidade de ajustes nas estratégias de colheita e conservação pós-colheita da cultivar Orchestra, que demonstrou maior variabilidade na resposta fisiológica em comparação à Asterix. O entendimento desses padrões permite uma melhor gestão da conservação, minimizando perdas e otimizando a qualidade final dos tubérculos durante o armazenamento refrigerado.

### **5.3. Metabolismo de carboidratos**

#### **5.3.1. Teor de amido**

Nos tubérculos das variedades Asterix e Orchestra colhidos antecipadamente (antes de agosto) e armazenados por 120 dias (armazenamento prolongado), o teor de amido aumentou nos armazenados a 1,5 °C (109,3%) e 3,5 °C (71,4%) ao longo do armazenamento. Nos tubérculos da variedade Asterix armazenados a 6,5 °C, o teor de amido manteve-se igual no início e ao final dos 120 dias de armazenamento, apesar de uma redução de 5% entre os 30 e 60 dias, seguida de recuperação nos períodos subsequentes. Na variedade Orchestra, o teor de amido aumentou nos tubérculos armazenados a 1,5 °C (166,7%). A 3,5 °C, o acúmulo de amido foi maior até os 60 dias (65%), seguido de redução até os 120 dias. Já a 6,5 °C, observou-se queda inicial (de 35% para 25% até os 45 dias), seguida por recuperação até 65% ao final do período, resultando em um aumento de 85,7% em relação ao teor inicial (Figuras 3A e 3B).

Nos tubérculos colhidos tardiamente (após agosto) e armazenados por 90 dias (armazenamento curto), o teor de amido da variedade Asterix aumentou 200% a 1,5 °C, enquanto, a 3,5 e 6,5 °C, atingiu picos de 30 e 65%, respectivamente, aos 45 dias, com posterior redução até o final do armazenamento. Na variedade Orchestra, o teor de amido aumentou 233,3% a 1,5 °C e 42,9% a 3,5 °C, enquanto permaneceu constante a 6,5 °C (cerca de 35%) durante todo o período de armazenamento (Figuras 3C e 3D).



**Figura 3.** Teor de amido (%) em tubérculos de batata da variedade Asterix (A) e Orchestra (B) colhidos antecipadamente e armazenados por 120 dias a 1,5, 3,5 e 6,5 °C. Teor de amido (%) em tubérculos de batata da variedade Asterix (C) e Orchestra (D) colhidos tardiamente e armazenados por 90 dias a 1,5, 3,5 e 6,5 °C. As barras de erro representam o erro padrão da média.

O metabolismo dos carboidratos varia com a temperatura de armazenamento devido à convergência de fatores fisiológicos, físico-químicos e genéticos, relacionados tanto às condições de armazenamento quanto ao estágio de maturação dos tubérculos no momento da colheita (Datir et al., 2020). O armazenamento a frio, de modo geral, induz modificações no metaboloma. Em baixas temperaturas, via de regra, ocorre a degradação do amido nos tubérculos de batata, resultando na formação de sacarose, glicose e frutose – adoçamento – o que provoca um desequilíbrio entre a degradação do amido e o metabolismo da sacarose (Brummell et al., 2011; Zhang et al., 2017 rever). O comportamento metabólico pós-colheita em batatas está fortemente associado às características genéticas das cultivares. As propriedades estruturais e termodinâmicas do amido variam significativamente entre os genótipos durante o período de dormência e

armazenamento, influenciando sua estabilidade e resposta a estresses térmicos (Wasserman et al., 2023; Wyrzykowska & Nawrocka, 2024).

O aumento no teor de amido observado em tubérculos armazenados a 1,5 e 3,5 °C contraria o padrão geralmente descrito na literatura para batatas submetidas à refrigeração. Contudo, esse comportamento pode ser explicado pela redução no teor de água ao longo do armazenamento, que eleva a concentração relativa dos sólidos presentes, entre eles o amido. Os tubérculos de batata apresentam cerca de 70 a 80% de sua massa composta por água, sendo este o principal constituinte do tecido. A perda de água, resultante do processo de transpiração e respiração pós-colheita, reduz a massa fresca sem alterar proporcionalmente a quantidade absoluta de amido. Assim, mesmo que o conteúdo de amido se mantenha constante em termos absolutos, sua proporção relativa aumenta em razão da menor disponibilidade de água (Basiak et al., 2019; Mauro; Vela; Ronda, 2023).

Esse processo é evidenciado pelo murchamento dos tubérculos durante o armazenamento, alteração visual típica da desidratação. Do ponto de vista físico-químico, o fenômeno representa uma concentração de sólidos, e não uma síntese adicional de reservas. Portanto, o incremento observado no teor de amido deve ser interpretado como consequência direta da desidratação dos tubérculos em ambiente refrigerado, e não como um indicativo de atividade metabólica voltada à preservação ou acúmulo de amido.

Outro ponto importante é que o comportamento também pode estar associado ao estágio fisiológico dos tubérculos no momento da colheita. Quando a colheita ocorre de forma antecipada, antes da plena maturidade fisiológica, os tubérculos tendem a apresentar maior suscetibilidade à perda de massa fresca durante o armazenamento, o que intensifica os efeitos da desidratação (Kaur et al., 2022). Nesses casos, a gravidade específica, medida tanto no ar quanto na água, pode ser diretamente afetada. Como a densidade da batata é determinada pela relação entre sólidos e água, a redução no teor hídrico aumenta a densidade relativa, o que pode elevar os valores de gravidade específica sem que isso necessariamente represente maior acúmulo de reservas, mas sim a concentração relativa de sólidos em função da perda de água.

Dessa forma, o comportamento atípico observado neste estudo pode ser interpretado como resultado da interação entre a baixa temperatura, a possível imaturidade fisiológica dos tubérculos no momento da colheita e, principalmente, a perda de água ao longo do armazenamento. Esses fatores, embora não representem a fisiologia "clássica" da batata-semente armazenada, são plenamente compatíveis com o comportamento de tubérculos sob condições específicas como as do presente trabalho.

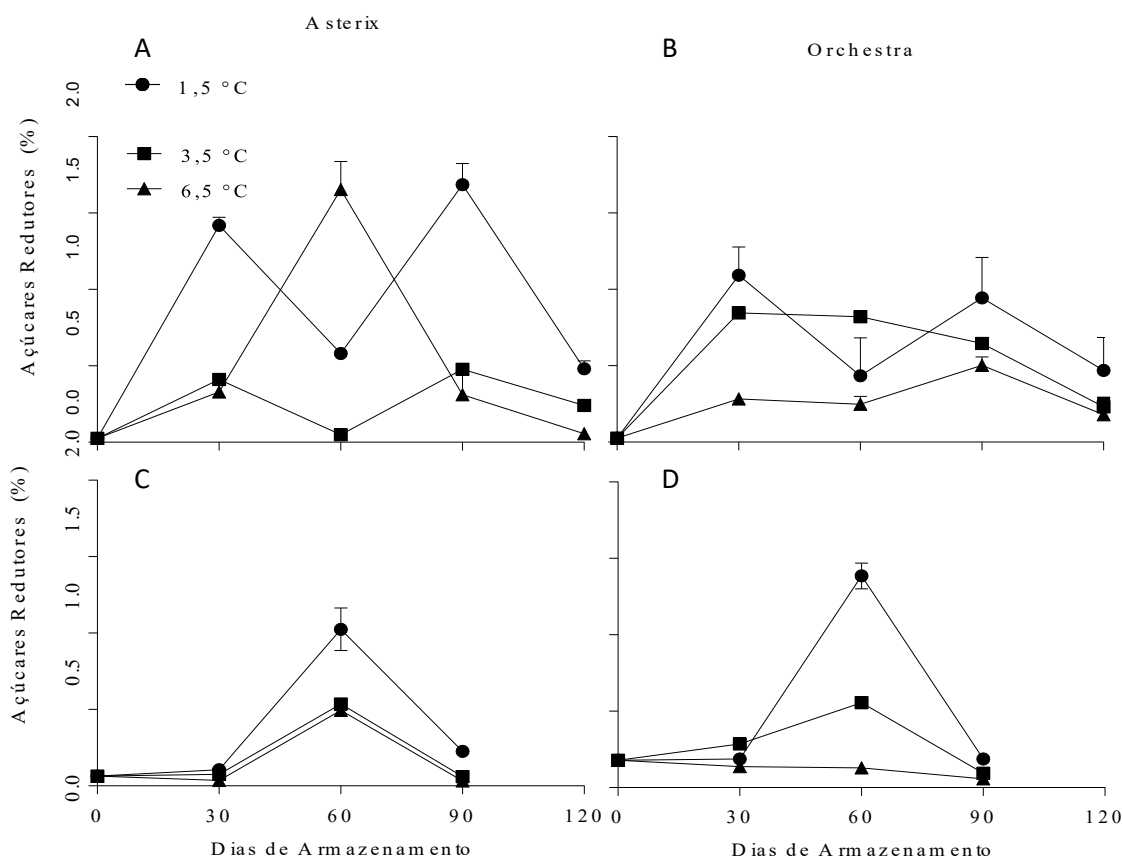
Ressalta-se, portanto, a importância de controlar não apenas a temperatura, mas também a umidade relativa do ambiente de armazenamento e a escolha do ponto ideal de colheita, de forma a reduzir os efeitos da desidratação e garantir maior previsibilidade do comportamento fisiológico dos tubérculos ao longo do período de conservação.

### **5.3.2. Açúcares Redutores (AR)**

O teor de açúcares redutores (AR) nos tubérculos de batata da variedade Asterix colhidos antecipadamente (antes de agosto) e armazenados por 120 dias a 1,5 e 3,5 °C apresentaram padrão semelhante, com aumento até os 30 dias (1,4 e 0,4%), queda aos 60 dias (0,6 e 0,1%), aumento aos 90 dias (1,7 e 0,5%) e posterior queda ao final do armazenamento, com valores próximos a 0,5 e 0,2%, respectivamente, aos 120 dias. Nos tubérculos armazenados a 6,5 °C, o teor de AR atingiu um pico de 1,6% aos 60 dias, seguido de queda até ao final do armazenamento, com teores próximos a 0,1%. Nos tubérculos da variedade Asterix colhidos tardiamente (após agosto) e armazenados por 90 dias, os teores de AR apresentaram pico aos 60 dias em todas as temperaturas (1,0% a 1,5 e 0,5% a 3,5 e 6,5 °C), com posterior redução até o final do armazenamento, com valores próximos de 0,2% nas três temperaturas (Figuras 4A e 4C).

Para a variedade Orchestra, nos tubérculos colhidos antecipadamente (antes de agosto), os teores de AR aumentaram até os 30 dias (1,2% a 1,5, 0,7% a 3,5 e 0,3% a 6,5 °C), com redução aos 120 dias (0,5% a 1,5, 0,3% a 3,5 e 0,2% a 6,5 °C). Os tubérculos colhidos tardiamente apresentaram, a 1,5 e 3,5 °C, pico aos 60 dias de armazenamento 1,4 e 0,6%, respectivamente, com posterior queda ao final do armazenamento, 0,2 e 0,1%.

A 6,5 °C os teores permaneceram baixos (0,1%) até o final do armazenamento (Figura 4B e 4D).



**Figura 4.** Teor de AR (%) em tubérculos de batata da variedade Asterix (A) e Orchestra (B) colhidos antecipadamente e armazenados por 120 dias a 1,5, 3,5 e 6,5 °C. Teor de AR (%) em tubérculos de batata da variedade Asterix (C) e Orchestra (D) colhidos tardiamente e armazenados por 90 dias a 1,5, 3,5 e 6,5 °C. As barras de erro representam o erro padrão da média.

O aumento nos teores de açúcares redutores (AR) em tubérculos armazenados a 1,5 °C, em comparação com aqueles armazenados a 3,5 e 6,5 °C, observado em ambas as cultivares, pode ser explicado pelo início da quebra da dormência induzida pelo frio. O frio promove a alta expressão de genes envolvidos no metabolismo do amido e da sacarose, como ADP-glucose pirofosforilase, alfa-amilases, 4-alfa-glucanotransferase, frutocinase, invertase e sacarose sintase (Liu et al., 2015; Di et al., 2024). Essas alterações na atividade enzimática, especialmente a quebra do amido, ocorrem antes mesmo da brotação visível, como observado nesta pesquisa.

Entretanto, a regulação negativa de alguns genes de degradação de carboidratos indica que a liberação da dormência pode não depender exclusivamente do uso extensivo de reservas (Di et al., 2024). O momento e a taxa de conversão do amido em açúcares redutores são modulados por múltiplos fatores, incluindo temperatura, alterações hormonais e o estado fisiológico dos tubérculos no momento da colheita (Di et al., 2024). A tendência de redução dos teores de AR após picos específicos sugere que, à medida que os tubérculos emergem da dormência, os açúcares acumulados são mobilizados para processos respiratórios e de brotação, atuando como fonte de energia metabólica (Jeong et al., 2021). Nos tubérculos da variedade Orchestra, essa brotação foi mais precoce e acentuada, especialmente nos tubérculos colhidos antecipadamente e armazenados a baixas temperaturas, o que contribuiu para a redução dos AR ao final do período de armazenamento.

Na cultivar Asterix, o padrão de acúmulo seguido de queda nos teores de AR durante o armazenamento evidencia uma interação complexa entre temperatura, tempo de armazenamento e a data de colheita. Esses padrões reforçam a importância do monitoramento contínuo das condições de armazenamento e da escolha de temperaturas adequadas para equilibrar manutenção da qualidade e viabilidade fisiológica dos tubérculos, especialmente em cultivares mais sensíveis ao adoçamento por frio.

Na cultivar Orchestra, de forma geral, tanto em tubérculos colhidos antecipadamente quanto tardiamente, observou-se acúmulo de AR seguido de declínio a 1,5 e 3,5 °C. Em tubérculos colhidos tardiamente armazenados a 6,5 °C, os teores de AR permaneceram baixos e estáveis, indicando que, neste caso, a conversão de amido em açúcares redutores foi limitada e que o consumo metabólico não resultou em picos intermediários significativos. Esse comportamento evidencia que o adoçamento por frio foi transitório e modulável pela combinação entre temperatura, estado fisiológico e data de colheita.

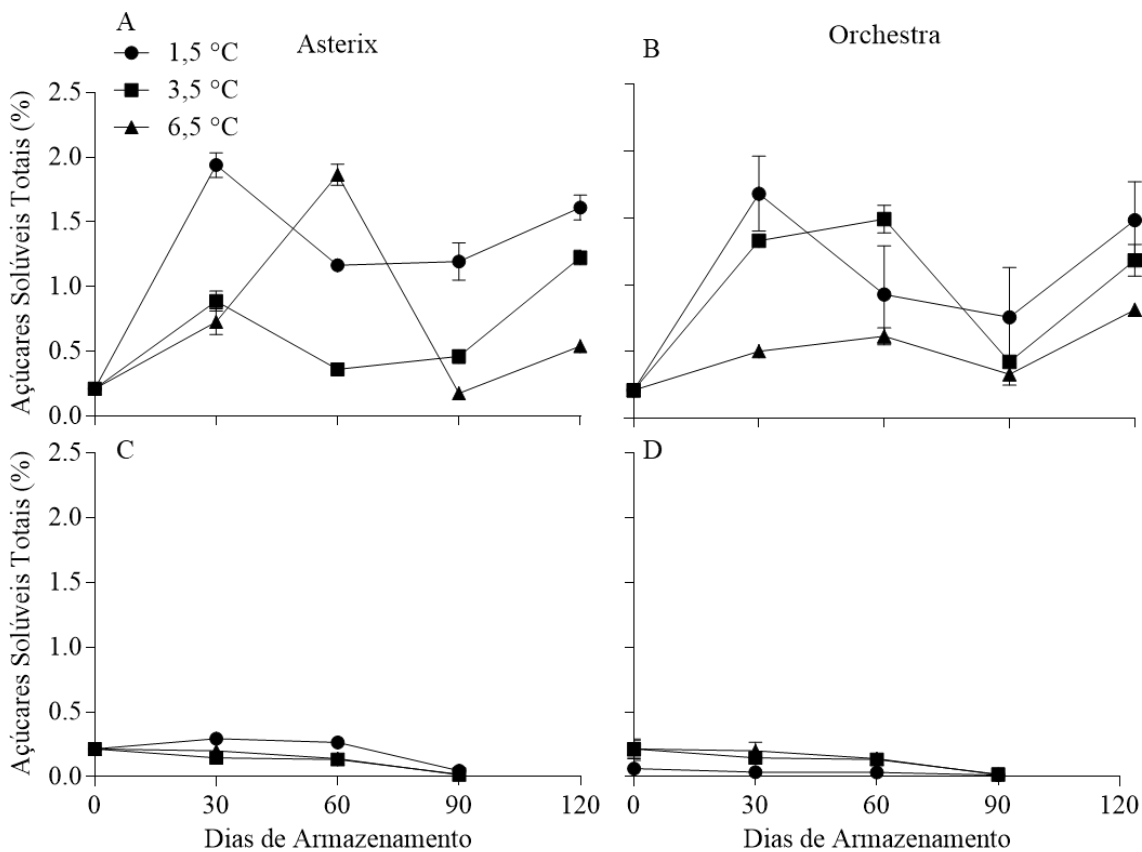
Adicionalmente, fatores como baixa umidade relativa do ar e longo período de armazenamento podem favorecer o murchamento dos tubérculos. Esse murchamento resulta não apenas em perda de massa, mas também em maior mobilização de reservas para manter o metabolismo basal ativo (Basiak et al., 2019; Mauro; Vela; Ronda, 2023). Nessa condição, os tubérculos entram em processo de envelhecimento fisiológico, caracterizado pela perda progressiva de vigor, intensificação da respiração e redução da viabilidade como batata-semente. O envelhecimento acelera o esgotamento das reservas

e aumenta a suscetibilidade dos tubérculos à desidratação, ao murchamento e à brotação precoce, fenômenos consistentes com os resultados obtidos neste estudo.

### **5.3.3. Açúcares Solúveis Totais (AST)**

O teor de açúcares totais solúveis (AST) nos tubérculos de batata-semente da variedade Asterix colhidos antecipadamente (antes de agosto) e armazenados por 120 dias apresentou aumento inicial até os 30 dias nas três temperaturas, seguido por oscilações ao longo do período. No final do armazenamento, aos 120 dias, os valores foram próximos de 1,6% a 1,5, 1,3% a 3,5 e 0,5% a 6,5 °C. Para os tubérculos colhidos tardiamente (após agosto) e armazenados por 90 dias, os teores de AST permaneceram baixos em todas as temperaturas. Os valores finais se mantiveram próximos de 0,1%, independentemente da temperatura de armazenamento (Figuras 5A e 5C).

Na variedade Orchestra, os teores de AST nos tubérculos colhidos antecipadamente (antes de agosto) e armazenados por 120 dias aumentaram até aproximadamente 30 dias em todas as temperaturas, seguido por oscilações ao longo do período. No final do período. No final do armazenamento (120 dias), os teores foram próximos de 1,4% a 1,5, 1,1% a 3,5 e 0,7% a 6,5 °C. Já na colheita tardia (após agosto), os teores de AST permaneceram baixos em todas as temperaturas. Os valores finais se mantiveram próximos de 0,1%, independentemente da temperatura de armazenamento (Figuras 5B e 5D).



**Figura 5.** Teor de AST (%) em tubérculos de batata da variedade Asterix (A) e Orchestra (B) colhidos antecipadamente e armazenados por 120 dias a 1,5, 3,5 e 6,5 °C. Teor de AST (%) em tubérculos de batata da variedade Asterix (C) e Orchestra (D) colhidos tardiamente e armazenados por 90 dias a 1,5, 3,5 e 6,5 °C. As barras de erro representam o erro padrão da média.

Os açúcares solúveis totais (AST) representam um indicador-chave da qualidade fisiológica dos tubérculos durante o armazenamento, englobando tanto os açúcares redutores quanto os não redutores. Alterações nos teores de AST refletem diretamente o balanço entre a sacarificação do amido e o consumo metabólico, regulado por fatores como temperatura, duração do armazenamento e estado fisiológico dos tubérculos no momento da colheita (Yu; Wang; Beckles, 2021; Haider et al., 2023).

Do ponto de vista fisiológico, a sacarose ocupa posição central nesse processo. Além de ser o primeiro produto gerado na via de degradação do amido sob baixas temperaturas, ela atua como açúcar de transição: pode ser acumulada temporariamente, servir como substrato para a formação de glicose e frutose ou ser consumida na respiração e na brotação. Assim, o aumento da sacarose durante o armazenamento a frio não deve

ser interpretado apenas como resultado da atividade enzimática, mas também como reflexo da estratégia fisiológica do tubérculo para manter energia disponível e regular osmoticamente suas células (Jeong et al., 2021; Yu; Wang; Beckles, 2021; Haider et al., 2023).

Na cultivar Asterix colhida antecipadamente, os AST aumentaram inicialmente em todas as temperaturas, seguidos por oscilações ao longo do armazenamento. Esse padrão evidencia que a taxa de conversão do amido em açúcares solúveis variou ao longo do tempo, equilibrando-se com o consumo metabólico para respiração e brotação. Em condições de frio mais intenso, a brotação e o metabolismo respiratório foram parcialmente inibidos, permitindo a manutenção fisiológica do acúmulo de sacarose e outros açúcares redutores (Tsai et al., 2021). A ausência de acúmulo significativo em temperaturas intermediárias sugere metabolismo mais ativo e eficiente, com rápida utilização dos açúcares disponíveis e menor ativação das vias de mobilização de reservas (Fernández-Cancelo et al., 2022; Babellahi et al., 2020). Já na colheita tardia, os AST permaneceram baixos e estáveis, indicando menor suscetibilidade à sacarificação induzida pelo frio e maior estabilidade fisiológica.

Na cultivar Orchestra, os AST também exibiram oscilações durante o armazenamento na colheita antecipada, refletindo a dinâmica fisiológica de acúmulo e consumo de açúcares solúveis. Em todas as temperaturas, o aumento inicial foi seguido de variações ao longo do tempo, demonstrando que a sacarificação e o consumo metabólico ocorreram de forma intermitente, com contribuição de enzimas como  $\alpha$ -amilase e invertase (Ellis; Knowles; Knowles, 2019). Na colheita tardia, os AST permaneceram baixos e estáveis em todas as condições, indicando estágio fisiológico mais maduro, menor sensibilidade ao adoçamento por frio e predominância do uso gradual dos açúcares preexistentes para manutenção metabólica (Babellahi et al., 2020; Lemoine et al., 2020; Zhang et al., 2021; Hu et al., 2022).

Esses resultados destacam que o comportamento dos AST é um fenômeno dinâmico, regulado pela interação entre a temperatura e o tempo de armazenamento e o estado fisiológico dos tubérculos no momento da colheita. Do ponto de vista fisiológico, essas variações refletem o equilíbrio entre a conversão do amido em açúcares solúveis e seu consumo metabólico para respiração e brotação. Esses achados reforçam a importância de estratégias de manejo pós-colheita que considerem o ponto de maturação, bem como o controle da temperatura e da umidade relativa, como fatores essenciais para

preservar a qualidade dos tubérculos e retardar seu envelhecimento (Yu; Wang; Beckles, 2021; Haider et al., 2023).

#### **5.4. Concentração de CO<sub>2</sub> na câmara de armazenamento**

A concentração de CO<sub>2</sub> nas câmaras refrigeradas variou pouco entre as temperaturas avaliadas. As maiores concentrações foram observadas a 6,5 °C, com média em torno de 450 ppm, enquanto a 1,5 e 3,5 °C apresentaram valores ligeiramente menores, entre 430 e 435 ppm. Observou-se também que as batatas colhidas mais tardiamente apresentaram concentrações iniciais de CO<sub>2</sub> mais elevadas, especialmente nas primeiras semanas de armazenamento.

O nível de CO<sub>2</sub> no ambiente de armazenamento é um indicativo indireto da taxa respiratória dos tubérculos e, portanto, um parâmetro importante para avaliar o comportamento metabólico durante o armazenamento. A respiração celular é um processo contínuo que consome reservas energéticas e libera CO<sub>2</sub>, sendo acelerado por temperaturas mais altas e por maior atividade fisiológica dos tubérculos. Em sistemas de armazenamento refrigerado, a expectativa é que a taxa de respiração seja reduzida, permitindo maior conservação da dormência e retardamento da brotação (Manoel et al., 2024).

Observou-se que as maiores concentrações de CO<sub>2</sub> ocorreram sob temperatura de 6,5 °C, o que é consistente com a elevação da atividade metabólica em temperaturas mais elevadas. Já em 1,5 e 3,5 °C, a concentração manteve-se ligeiramente mais baixa, refletindo uma menor taxa respiratória, conforme também relatado por Lal et al. (2022). Embora as diferenças tenham sido sutis, esse comportamento indica que, mesmo em ambientes refrigerados, pequenas variações de temperatura podem influenciar o metabolismo dos tubérculos ao longo do tempo.

Com relação à época de colheita, os tubérculos colhidos mais tardiamente e, portanto, com maior tempo de permanência no campo apresentaram concentrações iniciais de CO<sub>2</sub> um pouco mais elevadas. Esse efeito pode estar relacionado à maior maturidade fisiológica desses tubérculos, que embora sejam menos propensos à brotação precoce, podem responder ao estresse inicial do armazenamento com uma respiração mais intensa nas primeiras semanas, especialmente quando armazenados a temperaturas menos restritivas. Essa resposta transiente também foi observada por Dogramaci et al. (2024),

que associam o grau de maturação com padrões respiratórios distintos nas fases iniciais do armazenamento.

De forma geral, a manutenção de níveis moderados e estáveis de CO<sub>2</sub> indica que as condições de ventilação e temperatura das câmaras foram eficazes para conservar a qualidade fisiológica das batatas-semente, sem favorecer fermentações ou distúrbios respiratórios. Esse controle atmosférico contribui para a preservação da dormência e da integridade metabólica dos tubérculos durante o armazenamento.

### **5.5. Incidência de podridões**

Durante todo o período de armazenamento, não foi observada a ocorrência de podridões (manchas escuras, áreas moles ou odores característicos) nos tubérculos das cultivares Asterix e Orchestra, independentemente da temperatura ou do tempo de armazenamento.

A ausência de incidência de podridões ao longo de todo o período experimental reforça a adequação das condições de armazenamento adotadas no presente estudo. As temperaturas controladas (1,5, 3,5 e 6,5 °C), combinadas com boa ventilação e umidade relativa adequada, são fatores determinantes na prevenção do desenvolvimento de patógenos associados à deterioração de tubérculos, como *Pectobacterium* spp., *Fusarium* spp. e *Phytophthora infestans* (Pandit et al., 2022).

Além disso, o bom estado fitossanitário dos tubérculos do momento da colheita até a entrada em armazenamento refrigerado teve papel crucial. Os lotes utilizados estavam livres de ferimentos ou sintomas visíveis de doenças, o que reduz significativamente a probabilidade de infecções secundárias. A realização de um período de cura eficiente após a colheita também deve ser destacada, uma vez que esse processo favorece a suberificação e cicatrização da epiderme, fortalecendo a barreira física contra a entrada de microrganismos (Gao et al., 2024).

Esse conjunto de práticas bem executadas está diretamente relacionado à longevidade dos tubérculos e à preservação de sua qualidade. A ausência de podridões neste experimento não apenas valida a eficiência do protocolo adotado, como também representa um ponto positivo em termos econômicos e comerciais, uma vez que perdas por doenças pós-colheita representam uma das principais causas de descarte na cadeia produtiva da batata.

## 5.6. Análise de custos

A câmara pequena tem custo de R\$ 33.400,00 para aquisição, com capacidade de 11,40 m<sup>3</sup>, armazenando até 236,51 caixas de batata-semente. Seu consumo médio mensal de energia foi 60,83 kWh (730 kWh/ano), gerando um custo mensal total de R\$ 362,24, ou R\$ 4.346,24 ao ano (Tabela 1).

A câmara grande tem custo de R\$ 200.000,00, capacidade de 189,00 m<sup>3</sup> e armazenamento máximo de 3.921,16 caixas. O consumo mensal foi 258,54 kWh (3.102,50 kWh/ano) e a depreciação mensal R\$ 1.666,67, totalizando um custo mensal de R\$ 2.023,37, ou R\$ 24.279,28 ao ano (Tabela 1).

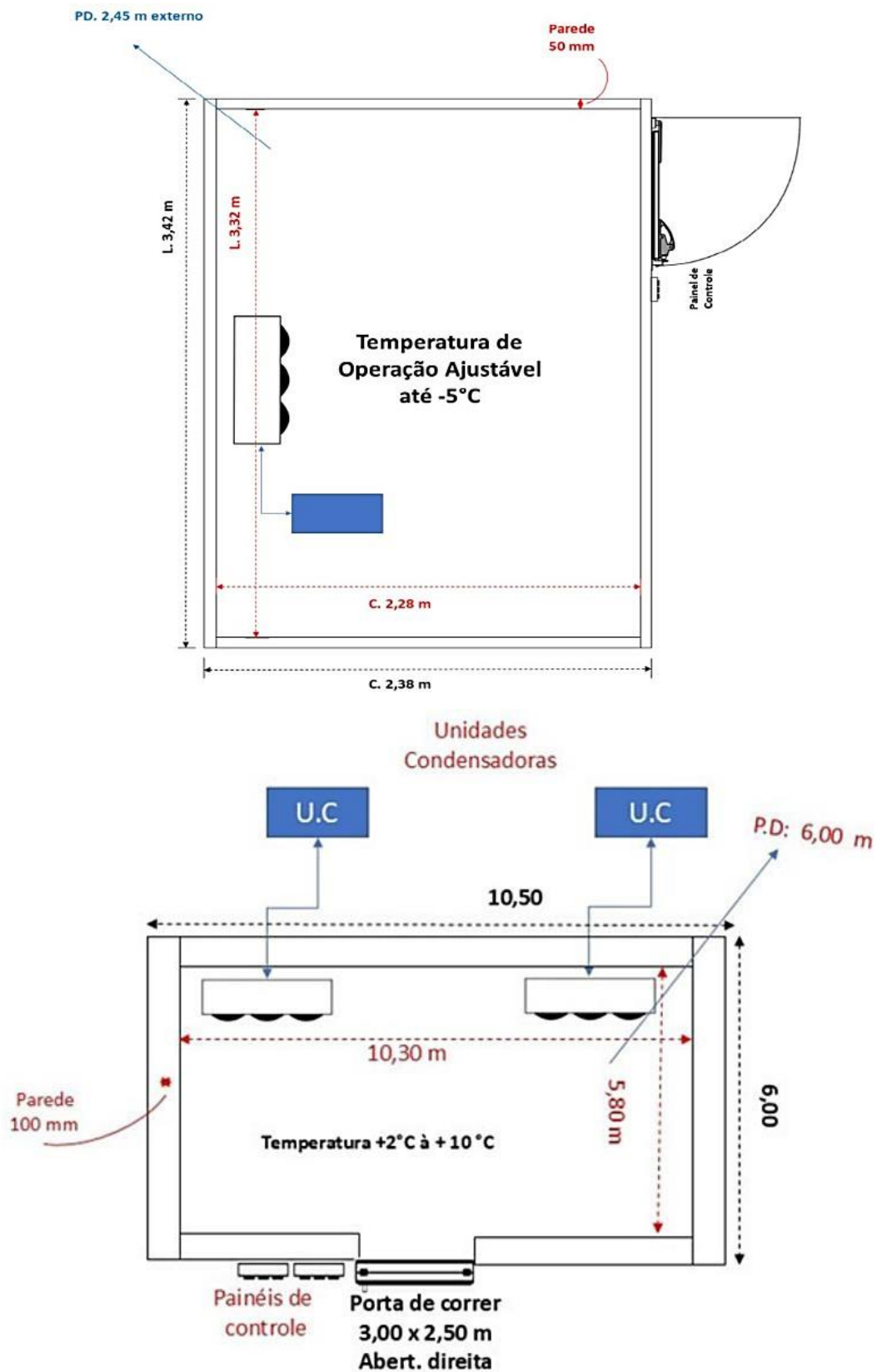
Ao analisar o custo por caixa no tempo, observa-se a diluição dos custos fixos em estruturas maiores: Aos 4 meses, o custo por caixa foi de R\$ 6,13 (pequena) e R\$ 2,06 (grande). Aos 6 meses, R\$ 9,19 (pequena) e R\$ 3,10 (grande). E aos 8 meses, R\$ 12,25 (pequena) e R\$ 4,13 (grande) (Tabela 2).

**Tabela 1.** Custos do armazenamento refrigerado de batata-semente

<b>Descrição</b>	<b>Câmara pequena</b>	<b>Câmara grande</b>
Custo de aquisição (R\$)	33.400,00	200.000,00
Capacidade da câmara (m <sup>3</sup> )	11,40	189,00
Nº máximo de caixas	236,51	3.921,16
Consumo de energia mensal (kWh)	60,83	258,54
Consumo de energia anual (kWh)	730,00	3.102,50
Valor do kWh (R\$)	1,38	1,38
Depreciação mensal (R\$)	278,33	1.666,67
Depreciação anual (R\$)	3.340,00	20.000,00
Custo de armazenamento mensal (R\$)	362,24	2.023,37
Custo de armazenamento anual (R\$)	4.346,24	24.279,28

**Tabela 2.** Custo por caixa em 4, 6 e 8 meses de armazenamento

<b>Tempo de armazenamento</b>	<b>Câmara grande</b>	
	<b>Câmara pequena</b>	
	<b>(R\$/caixa)</b>	<b>(R\$/caixa)</b>
4 meses	6,13	2,06
6 meses	9,19	3,10
8 meses	12,25	4,13



**Figura 6.** Planta baixa da câmara pequena (A) e câmara grande (B), com 2,28 m de comprimento x 3,42 m de largura e 6,00 m de comprimento x 10,50 m de largura, respectivamente. Fonte: Equipar Refrigeração.

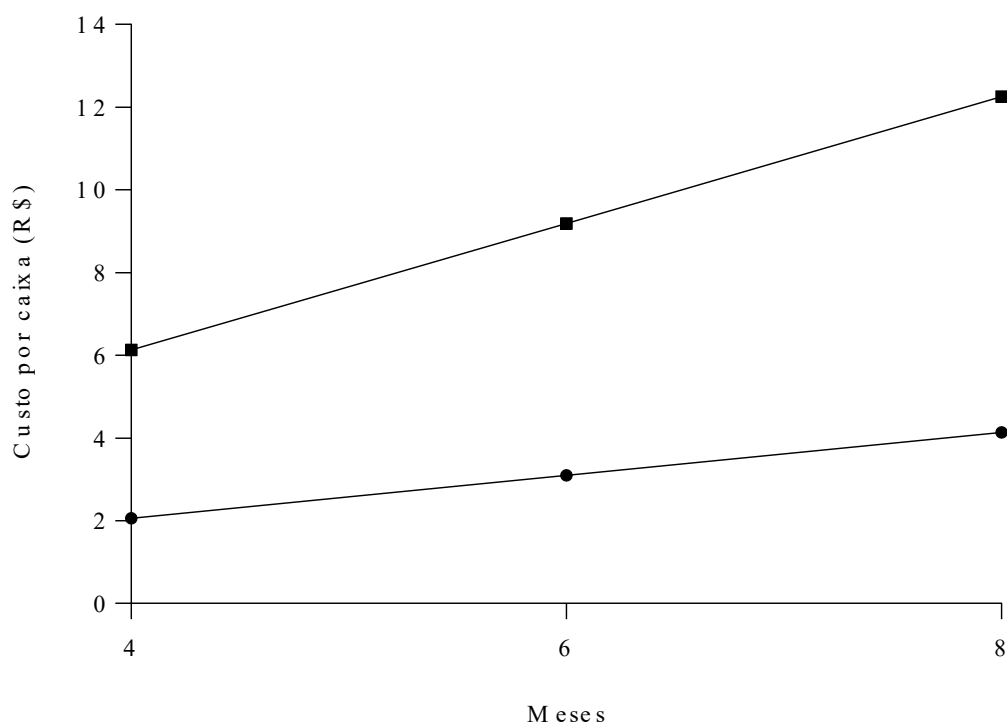
O armazenamento refrigerado é um componente estratégico para preservar a qualidade fisiológica e sanitária da batata-semente ao longo do tempo, especialmente em regiões onde a produção é realizada de forma escalonada ou sob demanda, fora da janela ideal de plantio (Cruz et al., 2021). A produtividade e a qualidade do tubérculo comercial estão diretamente condicionadas à qualidade da semente, que depende da manutenção da dormência após a colheita e durante o armazenamento. A dormência é fundamental para evitar a brotação prematura e o consumo dos carboidratos de reserva, preservando o vigor do tubérculo, e é influenciada tanto pela época quanto pelo estado fisiológico no momento da colheita (Di et al., 2024b). O gerenciamento adequado da temperatura de armazenamento é essencial para evitar a quebra da dormência e a antecipação da brotação, garantindo maior uniformidade no desenvolvimento das plantas no campo (Dogramaci et al., 2024).

No entanto, apesar de seus benefícios, os custos operacionais do armazenamento refrigerado no Brasil podem restringir sua adoção, principalmente por pequenos produtores. O aumento dos custos, aliado à eventual redução da qualidade fisiológica por falhas no manejo, pode comprometer o retorno econômico do investimento em estruturas de conservação a frio.

Diante desse cenário, é fundamental avaliar estratégias que aumentem a eficiência econômica do armazenamento refrigerado, especialmente em termos de escala e uso da capacidade instalada. A análise comparativa entre câmaras de diferentes portes permite compreender como o dimensionamento da estrutura influencia diretamente o custo por unidade armazenada e, conseqüentemente, a viabilidade do sistema.

A principal diferença entre as câmaras pequenas e grandes reside na capacidade de diluição dos custos fixos, como energia elétrica e depreciação dos equipamentos. Esse fenômeno é classicamente descrito como economia de escala, em que o custo médio por unidade armazenada tende a diminuir à medida que a escala de operação aumenta. Em sistemas de maior capacidade, os custos são distribuídos por um volume maior de produto, reduzindo significativamente o custo final por caixa (Gold et al., 2022).

A comparação direta entre os dois tipos de estruturas evidencia a presença de economia de escala, com vantagens notáveis para o armazenamento em câmaras grandes, nas quais o custo por caixa é consideravelmente menor, sobretudo em períodos mais longos de armazenamento (Figura 7).



**Figura 7.** Custo por caixa de batata-semente ao longo do tempo de armazenamento em câmara grande e pequena.

Apesar disso, a viabilidade do uso de câmaras pequenas pode ser justificada em contextos específicos. Caso o mercado esteja disposto a pagar um valor superior pela batata-semente fora de época ou de qualidade diferenciada, esse tipo de armazenamento pode se tornar vantajoso, desde que haja planejamento logístico e comercial adequados. Além disso, estudos demonstram que o armazenamento a baixas temperaturas é eficaz para manter a dormência dos tubérculos e retardar a brotação (Lal et al., 2022). Isso contribui diretamente para a qualidade da batata-semente, minimizando perdas por deterioração e mantendo a viabilidade fisiológica para o plantio.

No entanto, o tempo prolongado de armazenamento também implica maior exposição aos custos fixos e variáveis, além de riscos como perdas por podridões e alterações metabólicas, como consumo de açúcares de reserva. Assim, é fundamental realizar uma análise de custo-benefício, considerando tanto os custos diretos (armazenagem, energia, manutenção) quanto os efeitos indiretos sobre a produtividade futura.

O custo de oportunidade também deve ser levado em conta, tendo em vista que armazenar por longos períodos podem ser compensador apenas se houver previsão de preços mais altos no mercado futuro. Nesses casos, a batata-semente torna-se um produto de valor agregado, atendendo a nichos específicos que demandam sementes de alta qualidade fora de época. Já em mercados mais saturados, com preços estáveis ou baixos, o armazenamento prolongado pode não ser economicamente justificável, sobretudo em câmaras pequenas com custos mais elevados por unidade (Stemerding et al., 2023).

Em termos de viabilidade e sustentabilidade econômica, os dados obtidos indicam que o armazenamento em câmaras grandes é mais eficiente, permitindo que o produtor minimize custos e potencialmente amplie sua margem de lucro. A estrutura e o planejamento do sistema produtivo devem, portanto, considerar a capacidade instalada de armazenamento, os custos associados e as condições de mercado para definir a melhor estratégia.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO**

A cultivar Asterix, quando comparado com a cultivar Orchestra, apresentou maior dormência, brotação mais tardia e menor índice acumulado de brotação ao longo do armazenamento, especialmente em temperaturas mais baixas (1,5 °C). Além disso, seu metabolismo de carboidratos se manteve relativamente estável, com menor pico de açúcares redutores e perda de massa controlada. Por isso, recomenda-se o armazenamento a 1,5 °C para maximizar a conservação da qualidade fisiológica e prolongar a vida útil da batata-semente desta variedade.

Do ponto de vista econômico, considerando que a Asterix tem uma dormência maior e menor necessidade de controle intenso da brotação, o uso da câmara maior para armazenagem prolongada é indicado, pois dilui os custos fixos e é mais eficiente para armazenar grandes volumes, o que é importante para comercialização em escala.

A variedade Orchestra mostrou maior propensão à brotação precoce, especialmente em temperaturas mais elevadas (6,5 °C), e índices de brotação acumulados superiores. Seu metabolismo mostrou maior variação nos teores de amido e açúcares, indicando uma resposta fisiológica mais sensível ao armazenamento. Para esta variedade, é crucial um controle térmico rigoroso para retardar a brotação, portanto, recomenda-se armazenamento a 1,5 °C ou, no máximo, 3,5 °C, com preferência para 1,5 °C para maior controle da brotação.

Dado que a Orchestra é mais suscetível à brotação precoce, a utilização da câmara maior também é recomendada para armazenamento em maior volume e maior tempo, garantindo uma melhor relação custo-benefício e maior controle ambiental, minimizando perdas. Para armazenamento de menor volume ou curto prazo, a câmara pequena pode ser usada, porém com monitoramento rigoroso para evitar perdas por brotação.

**Tabela 3.** Resumo e recomendações

<b>Variedade</b>	<b>Temperatura recomendada</b>	<b>Tipo de armazenamento</b>	<b>Justificativa</b>
Asterix	1,5 °C	Câmara grande	Dormência mais longa, custos diluídos, armazenamento prolongado
Orchestra	1,5 °C (ou 3,5 °C)	Câmara grande	Maior brotação, necessidade de controle rigoroso, custo-benefício melhor em volume

### **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001.

### **REFERÊNCIAS**

- Akber, M. A., & Fang, X. (2024). Research Progress on Diseases Caused by the Soil-Borne Fungal Pathogen *Rhizoctonia solani* in Alfalfa. In: Agronomy (v. 14, n. 7). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy14071483>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Alegbeleye, O., Odeyemi, O. A., Strateva, M., & Stratev, D. (2022). Microbial Spoilage of Vegetables, Fruits and Cereals. In: Applied Food Research (v. 2, n. 1). Elsevier B.V. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100122>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Babellahi, F., Paliwal, J., Erkinbaev, C., Amodio, M. L., Chaudhry, M. M. A., & Colelli, G. (2020). Early Detection of Chilling Injury in Green Bell Peppers by Hyperspectral Imaging and Chemometrics. Postharvest Biology and Technology, 162, 111100. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.POSTHARVBIO.2019.111100>. Acesso em: 23 jun. 2025.

- Basiak, E., Linke, M., Debeaufort, F., Lenart, A., & Geyer, M. (2019). Dynamic Behaviour of Starch-based Coatings on Fruit Surfaces. *Postharvest Biology and Technology*, 147, 166–173.
- Białoskórska, M., Rucińska, A., & Boczkowska, M. (2024). Molecular Mechanisms Underlying Freezing Tolerance in Plants: Implications for Cryopreservation. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 25, Issue 18). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/ijms251810110>
- Bosco. (2022). HB 30\_3.
- Brás, T. A., Seixas, J., Carvalhais, N., & Jagermeyr, J. (2021). Severity Of Drought And Heatwave Crop Losses Tripled Over The Last Five Decades In Europe. *Environmental Research Letters*, 16(6). Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abf004>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Byeon, D. H., Jung, S., Lee, S. G., Jeon, S. W., Kwon, M., Kim, J., Kim, K. H., & Lee, W. H. (2020). Changes In Spatiotemporal Distribution Of The Potato Tuber Moth (*Phthorimaea Operculella*) In South Korea In Response To Climate Change Determined Using A Field Survey. In: *Agronomy* (v. 10, n. 9). MDPI. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy10091270>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Chen, B. C., Wu, X. J., Guo, H. C., & Xiao, J. P. (2024). Effects Of Appropriate Low-Temperature Treatment On The Yield And Quality Of Pigmented Potato (*Solanum Tuberosum* L.) Tubers. *BMC Plant Biology*, 24(1). Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12870-024-04951-7>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Chen, Z., Thompson, A. L., Jyoti, J., & Hatterman-Valenti, H. M. (2024). Influence of Storage Conditions on Four Chipping Potato Cultivars Developed in North Dakota. *Plants*, 13(20).
- Cruz, R. R. P., Pereira, A. M., Ribeiro, W. S., Freire, A. I., da Costa, F. B., Zanuncio, J. C., & Finger, F. L. (2021). Ideal Temperature And Storage Period For Commercial Potato Cultivars Selected For Frying. *Ciencia Rural*, 51(4). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200470>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Cui, G., Zhou, T., Liu, Z., Wang, T., Wang, Q., & Liu, T. (2025). Deciphering The Regulatory Mechanisms Of Potato Cold-Induced Sweetening Via Integrated Time-Course Transcriptome And Metabolome Analysis. *Frontiers in Plant Science*, 16. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1551265>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Datir, S. S., Yousf, S., Sharma, S., Kochle, M., Ravikumar, A., & Chugh, J. (2020). Cold Storage Reveals Distinct Metabolic Perturbations In Processing And Non-Processing Cultivars Of Potato (*Solanum Tuberosum* L.). *Scientific Reports*, 10(1).
- Defraeye, T., Vrba, J., Cloutier, J., Beland, C., Onwude, D., Pereira da Silva, F., & Blyth, L. (2025). A Cooling Atlas For Preserving Fruit And Vegetables In Low-And Middle-Income Countries. *Journal of Agriculture and Food Research*, 21. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.101806>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- de Araújo, N. O., Vêras, M. L. M., Santos, M. N. de S., de Araújo, F. F., Tello, J. P. de J., & Finger, F. L. (2020). Sucrose Degradation Pathways In Cold-Induced

- Sweetening And Its Impact On The Non-Enzymatic Darkening In Sweet Potato Root. *Food Chemistry*, 312, 125904.
- Di, X., Wang, Q., Zhang, F., Feng, H., Wang, X., & Cai, C. (2024). Advances in the Modulation of Potato Tuber Dormancy and Sprouting. In: *International Journal of Molecular Sciences* (v. 25, n. 10). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).
- Dogramaci, M., Dobry, E. P., Fortini, E. A., Sarkar, D., Eshel, D., & Campbell, M. A. (2024). Physiological And Molecular Mechanisms Associated With Potato Tuber Dormancy. *Journal of Experimental Botany*. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jxb/erae182>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Dubois, M.; Gilles, K.A.; Hamilton, J. K.; Rebers, P. A.; Smith, F. Colorimetric Method For Determination Of Sugars And Related Compounds. *Analytical Chemistry*, v.28, n.3, p.350-356, 1956.
- Ellis, G. D., Knowles, L. O., & Knowles, N. R. (2019). Respiratory And Low-Temperature Sweetening Responses Of Fresh-Cut Potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers to low oxygen. *Postharvest Biology and Technology*, 156, 110937.
- Farghali, M., Osman, A. I., Mohamed, I. M. A., Chen, Z., Chen, L., Ihara, I., Yap, P. S., & Rooney, D. W. (2023). Strategies To Save Energy In The Context Of The Energy Crisis: A Review. In: *Environmental Chemistry Letters* (v. 21, n. 4, p. 2003–2039). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10311-023-01591-5>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Feike, D., Seung, D., Graf, A., Bischof, S., Ellick, T., Coiro, M., Soyk, S., Eicke, S., Mettler-Altmann, T., Lu, K. J., Trick, M., Zeeman, S. C., & Smith, A. M. (2016). The Starch Granule-Associated Protein EARLY STARVATION1 Is Required For The Control Of Starch Degradation In *Arabidopsis Thaliana* Leaves. *Plant Cell*, 28(6), 1472–1489. <https://doi.org/10.1105/tpc.16.00011>
- Feng, L., Jiang, X., Kitazawa, H., Wang, X., Guo, Y., Li, L., Liu, H., Wang, Y., & Wang, J. (2022). Characterization Of Bioactive Films Loaded With Melatonin And Regulation Of Postharvest ROS Scavenging And Ascorbate-Glutathione Cycle In *Agaricus Bisporus*. *Postharvest Biology and Technology*, 194, 112107.
- Fernández-Cancelo, P., Muñoz, P., Echeverría, G., Larrigaudière, C., Teixidó, N., Munné-Bosch, S., & Giné-Bordonaba, J. (2022). Ethylene And Abscisic Acid Play A Key Role In Modulating Apple Ripening After Harvest And After Cold-Storage. *Postharvest Biology and Technology*, 188.
- Friedel, M., Schreiber, L., & Müller, J. (2023). Influence Of Storage Temperature On Sugar Conversion And Quality Of Stored Potato Tubers. *Postharvest Biology and Technology*, 196, 112130.
- Gao, X., Wang, W., Chen, O., Huang, J., & Zeng, K. (2024). Building A Protective Shield: The Role Of Wound Healing In Reducing Postharvest Decay And Preserving Quality Of Citrus Fruit. *Plant Physiology and Biochemistry*, 217. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2024.109272>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Gikundi, E. N., Buzera, A., Orina, I., & Sila, D. (2024). Impact of the Temperature Reconditioning of Cold-Stored Potatoes on the Color of Potato Chips and French Fries. *Foods*, 13(5).

- Gold, H. T., McDermott, C., Hoomans, T., & Wagner, T. H. (2022). Cost Data In Implementation Science: Categories And Approaches To Costing. *Implementation Science*, 17(1). Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s13012-021-01172-6>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Golding, J., Liu, B., Campbell, M., Wasim Haider, M., Alina Marc, R., & Iqbal, R. (2022.). Postharvest Dormancy-Related Changes Of Endogenous Hormones In Relation To Different Dormancy-Breaking Methods Of Potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers.
- Gonçalves, C.; Rodrigues-Jasso, M.R.; Gomes, N.; Teixeira, J.A.; Belo, I. Adaptation Of Dinitrosalicylic Acid Method To Microtiter Plates. *Analytical Methods*, v.2, p.2046-2048, 2010.
- Gumbo, N., Magwaza, L. S., & Ngobese, N. Z. (2021). Evaluating Ecologically Acceptable Sprout Suppressants For Enhancing Dormancy And Potato Storability: A review. In *Plants* (Vol. 10, Issue 11). MDPI. <https://doi.org/10.3390/plants10112307>
- Haider, M. W., Nafees, M., Iqbal, R., Asad, H. U., Azeem, F., Ali, B., Shaheen, G., Iqbal, J., Vyas, S., Arslan, M., Rahman, M. H. U., Elshikh, M. S., & Ali, M. A. (2023). Postharvest Starch And Sugars Adjustment In Potato Tubers Of Wide-Ranging Dormancy Genotypes Subjected To Various Sprout Forcing Techniques. *Scientific Reports*, 13(1).
- Hafez, F. S., Sa'di, B., Safa-Gamal, M., Taufiq-Yap, Y. H., Alrifaeey, M., Seyedmahmoudian, M., Stojcevski, A., Horan, B., & Mekhilef, S. (2023). Energy Efficiency in Sustainable Buildings: A Systematic Review with Taxonomy, Challenges, Motivations, Methodological Aspects, Recommendations, and Pathways for Future Research. In: *Energy Strategy Reviews* (v. 45). Elsevier Ltd. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.101013>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Haj Sghaier, A., Tarnawa, Á., Khaeim, H., Kovács, G. P., Gyuricza, C., & Kende, Z. (2022). The Effects of Temperature and Water on the Seed Germination and Seedling Development of Rapeseed (*Brassica napus* L.). *Plants*, 11(21). Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants11212819>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Hu, Y., Li, C., Tan, Y., McClements, D. J., & Wang, L. (2022). Insight Of Rheology, Water Distribution And In Vitro Digestive Behavior Of Starch Based-Emulsion Gel: Impact Of Potato Starch Concentration. *Food Hydrocolloids*, 132, 107859.
- Huang, Z., Zhang, R., & Liu, H. (2021). Changes In Sugar Metabolism In Potato Tubers During Long-Term Storage. *Journal of Food Composition and Analysis*, 103, 104068.
- Hubert, B., Leprince, O., & Buitink, J. (2024). Sleeping But Not Defenceless: Seed Dormancy And Protection. *Journal of Experimental Botany*. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jxb/erae213>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Jahan, M., Thomson, P. C., Wynn, P. C., & Wang, B. (2021). The Non-Human Glycan, N-Glycolylneuraminic Acid (Neu5Gc), Is Not Expressed In All Organs And Skeletal Muscles Of Nine Animal Species. *Food Chemistry*, 343, 128439.
- Jaiswal, S., Paul, K., Raman, K. V., Tyagi, S., Saakre, M., Tilgam, J., Bhattacharjee, S., Vijayan, J., Mondal, K. K., Sreevathsa, R., & Pattanayak, D. (2023). Amelioration Of Cold-Induced Sweetening In Potato By Rnai Mediated

- Silencing Of Stugpase Encoding UDP-Glucose Pyrophosphorylase. *Frontiers in Plant Science*, 14.
- Jalakas, P., Takahashi, Y., Waadt, R., Schroeder, J. I., & Merilo, E. (2021). Molecular Mechanisms Of Stomatal Closure In Response To Rising Vapour Pressure Deficit. *New Phytologist*, 232(2), 468–475.
- Jeandet, P., Formela-Luboińska, M., Labudda, M., & Morkunas, I. (2022). The Role of Sugars in Plant Responses to Stress and Their Regulatory Function during Development. In: *International Journal of Molecular Sciences* (v. 23, n. 9). MDPI. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijms23095161>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Jeong, H. M., Lee, Y., Shin, Y. J., Woo, S. H., Kim, J. S., Jeong, D. W., Shin, S., Jeon, S. H., & Shim, J. H. (2021). Development Of An Enzymatic Encapsulation Process For A Cycloamylose Inclusion Complex With Resveratrol. *Food Chemistry*, 345, 128777.
- Karetnikov, D. I., Vasiliev, G. v., Toshchakov, S. v., Shmakov, N. A., Genaev, M. A., Nesterov, M. A., Ibragimova, S. M., Rybakov, D. A., Gavrilenko, T. A., Salina, E. A., Patrushev, M. v., Kochetov, A. v., & Afonnikov, D. A. (2023). Analysis of Genome Structure and Its Variations in Potato Cultivars Grown in Russia. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(6). Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijms24065713>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Kaur, M.; Gill, R. K.; Gill, P.; Dhaliwal, M. S.; Singh, R. K. (2022). Effects Of Cold Storage On The Reducing Sugars And Dry Matter Content Of Different Potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars. *Vegetable Science*, v. 49, n. 3, p. 345–350.
- Khorramifar, A., Rasekh, M., Karami, H., Lozano, J., Gancarz, M., Łazuka, E., & Łągód, G. (2023). Determining The Shelf Life And Quality Changes Of Potatoes (*Solanum Tuberosum*) During Storage Using Electronic Nose And Machine Learning. *PLoS ONE*, 18(4 April). Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0284612>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Klupczyńska, E. A., & Pawłowski, T. A. (2021). Regulation Of Seed Dormancy And Germination Mechanisms In A Changing Environment. In: *International Journal of Molecular Sciences* (v. 22, n. 3, p. 1–18). MDPI AG. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijms22031357>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Koehler, T., Wankmüller, F. J. P., Sadok, W., & Carminati, A. (2023). Transpiration Response To Soil Drying Versus Increasing Vapor Pressure Deficit In Crops: Physical And Physiological Mechanisms And Key Plant Traits. In: *Journal of Experimental Botany* (v. 74, n. 16, p. 4789–4807). Oxford University Press.
- Kovaleski, A. P. (2022). Woody Species Do Not Differ In Dormancy Progression: Differences In Time To Budbreak Due To Forcing And Cold Hardiness.
- Kubba, S. (2017). Indoor Environmental Quality. In: *Handbook of Green Building Design and Construction* (p. 353–412). Elsevier. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-810433-0.00007-1>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Kurm, V., Mendes, O., Gros, J., & van der Wolf, J. (2024). Potato Tuber Origin And Microbial Composition Determines Resistance Against Soft Rot Pectobacteriaceae. *European Journal of Plant Pathology*, 168(2), 383–399. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10658-023-02763-3>. Acesso em: 23 jun. 2025.

- Lal, M. K., Tiwari, R. K., Kumar, A., Dey, A., Kumar, R., Kumar, D., Jaiswal, A., Changan, S. S., Raigond, P., Dutt, S., Luthra, S. K., Mandal, S., Singh, M. P., Paul, V., & Singh, B. (2022). Mechanistic Concept of Physiological, Biochemical, and Molecular Responses of the Potato Crop to Heat and Drought Stress. In: *Plants* (v. 11, n. 21). MDPI.
- Li, Y., Zhou, X., & Chen, Y. (2022). Respiration Rate And Water Loss Dynamics In Stored Potato Cultivars. *Scientia Horticulturae*, 295, 110848.
- Liu, H., Li, J., Zhou, D., Cai, W., Rehman, M., Feng, Y., Kong, Y., Liu, X., Fahad, S., & Deng, G. (2023). Impact Of Dormancy Periods On Some Physiological And Biochemical Indices Of Potato Tubers. *PeerJ*, 11.
- Lulai, E. C., & Freeman, T. P. (2001). The Importance of Phellogen Cells and their Structural Characteristics in Susceptibility and Resistance to Excoriation in Immature and Mature Potato Tuber (*Solanum tuberosum* L.) Periderm. *Annals of Botany*, 88(4), 555–561. <http://www.jstor.org/stable/42773794>
- Lulai, E. C., Neubauer, J. D., Olson, L. L., & Suttle, J. C. (2015). Wounding Induces Changes In Tuber Polyamine Content, Polyamine Metabolic Gene Expression, And Enzyme Activity During Closing Layer Formation And Initiation Of Wound Periderm Formation. *Journal of Plant Physiology*, 176, 89–95. <https://doi.org/10.1016/J.JPLPH.2014.12.010>
- Manoel, G. F., Tiné, M. A., Guardia, M. C., Nievola, C. C., & Barbedo, C. J. (2024). Atmosphere Modification System For Respiration Analysis Of Recalcitrant Seeds During Storage. *Journal of Seed Science*, 46. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v46277680>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Mauro, R. R., Vela, A. J., & Ronda, F. (2023). Impact of Starch Concentration on the Pasting and Rheological Properties of Gluten-Free Gels. Effects of Amylose Content and Thermal and Hydration Properties. *Foods*, 12(12).
- McCready, R.M., Guggolz, J., Silveira, V. & Owens, H.S. Determination Of Starch And Amylose In Vegetables. Application To Peas. *Analytical Chemistry*, v.22, p.1156-1158, 1950.
- Michael, D. (2009). Economies Of Size In Production Agriculture. *Journal of Hunger and Environmental Nutrition*, 4(3–4), 375–392. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/19320240903321292>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Middleby, K. B., Cheesman, A. W., & Cernusak, L. A. (2024). Impacts Of Elevated Temperature And Vapour Pressure Deficit On Leaf Gas Exchange And Plant Growth Across Six Tropical Rainforest Tree Species. *New Phytologist*, 243(2), 648–661. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/nph.19822>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Muttucumaru, N., Powers, S. J., Elmore, J. S., Dodson, A., Briddon, A., Mottram, D. S., & Halford, N. G. (2017). Acrylamide-Forming Potential Of Potatoes Grown At Different Locations, And The Ratio Of Free Asparagine To Reducing Sugars At Which Free Asparagine Becomes A Limiting Factor For Acrylamide Formation. *Food chemistry*, 220, 76–86.
- Moreira, L. V., Oliveira, A. D., & Santos, R. L. (2021). Pós-Colheita Da Batata: Estratégias Para Conservação Em Ambientes Não Refrigerados. *Revista Brasileira de Armazenamento e Pós-colheita*, 7(1), 45–52.

- Pandit, M. A., Kumar, J., Gulati, S., Bhandari, N., Mehta, P., Katyal, R., Rawat, C. D., Mishra, V., & Kaur, J. (2022). Major Biological Control Strategies for Plant Pathogens. In: *Pathogens* (v. 11, n. 2). MDPI.
- Peng, D. L., Yang, L. E., Yang, J., & Li, Z. M. (2021). Seed Dormancy and Soil Seed Bank of the Two Alpine Primula Species in the Hengduan Mountains of Southwest China. *Frontiers in Plant Science*, 12. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.582536>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Pfister, B., & Zeeman, S. C. (2016). Formation Of Starch In Plant Cells. In: *Cellular And Molecular Life Sciences* (v. 73, n. 14, p. 2781–2807). Birkhauser Verlag AG.
- Pott, D. M., Vallarino, J. G., & Osorio, S. (2020). Metabolite Changes During Postharvest Storage: Effects On Fruit Quality Traits. In: *Metabolites* (v. 10, n. 5). MDPI AG. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/metabo10050187>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Pszczółkowski, P., Barbaś, P., & Sawicka, B. (2025). Toward Enhanced Seed Potato Yield: Ultrasonication Techniques for Sustainable Agricultural Development. *Sustainability (Switzerland)*, 17(3).
- Sáenz-Baños, M., Latorre-Biel, J. I., Martínez-Cámara, E., Jiménez-Macías, E., Longo, F., & Blanco-Fernández, J. (2022). Methodology For Energy Demand Reduction Of Potato Cold Storage Process. *Journal of Food Process Engineering*, 45(10). Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jfpe.14127>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Santos, M. N. de S., Lima, P. C. C., de Araújo, F. F., de Araújo, N. O., & Finger, F. L. (2020). Activity Of Polyphenoloxidase And Peroxidase In Non-Dormant Potato Tubers Treated With Sprout Suppressors. *Food Science and Technology (Brazil)*, 40, 222–227.
- Scheunemann, C. E.; Gonzaga, L. V.; Costa, A. C. O.; Oliveira, M. M.; Fett, R. Amido Resistente: Características Físico-Químicas, Propriedades Fisiológicas E Metodologias De Quantificação. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 48, n. 5, p. 1–9, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/K5bRNBgDq76JZNK4zLjpJjr>. Acesso em: 13 maio 2025.
- Shaikh, R. A., Vowles, D. J., Dinovitser, A., Allison, A., & Abbott, D. (2024). Robust Capital Cost Optimization Of Generation And Multitimescale Storage Requirements For A 100% Renewable Australian Electricity Grid. *PNAS Nexus*, 3(4). Disponível em: <https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgae127>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Silva, F. V. M., & Sulaiman, A. (2022). Control of Enzymatic Browning in Strawberry, Apple, and Pear by Physical Food Preservation Methods: Comparing Ultrasound and High-Pressure Inactivation of Polyphenoloxidase. *Foods*, 11(13). Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods11131942>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Singh, J.; Colussi, R.; McCarthy, O. J.; Kaur, L. (2016). Potato Starch And Its Modification. In: Singh, J.; Kaur, L. (Eds.), *Advances In Potato Chemistry And Technology* (2ª ed., p. 195–247). Academic Press.
- Seppelt, R., Klotz, S., Peiter, E., & Volk, M. (2022). Iscience Perspective Agriculture And Food Security Under A Changing Climate: An Underestimated Challenge. *ISCIENCE*, 25, 105551.

- Shivanna, K. R. (2022). Climate Change And Its Impact On Biodiversity And Human Welfare. In: Proceedings Of The Indian National Science Academy (v. 88, n. 2, p. 160–171). Springer Nature.
- Shezi, S., Ngcobo, M. E. K., Khanyile, N., & Ncama, K. (2024). Physio-Metabolic Mechanisms Behind Postharvest Quality Deterioration in Broccoli (*Brassica oleracea* var. Italica) and Swiss Chard (*Beta vulgaris* L. var. Cicla): A Review. In: Plants (v. 13, n. 22). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).
- Sonnewald, U., & Sonnewald, S. (2014). Regulation Of Potato Tuber Sprouting. Plants, 239(6), 1281–1291. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s004250131968z>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Sowokinos, J. R. Biochemical And Molecular Control Of Cold-Induced Sweetening In Potatoes. (2001). American Journal of Potato Research, v. 78, n. 3, p. 221–236. DOI: 10.1007/BF02883549
- Sun, G., Gou, Y., Zhang, L., Tang, M., Li, Y., Song, Y., Deng, S., Du, K., Lv, C., Tang, D., & Wang, J. (2025). Effects of Different Temperatures on the Physiological Characteristics of Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L. Lam) Storage Roots and Growth of Seedlings During the Sprouting and Seedling Period. Plants, 14(6). Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants14060868>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Stemerding, D., Beumer, K., Edelenbosch, R., Swart, J. A. A., de Vries, M. E., ter Steeg, E., Almekinders, C. J. M., Lindhout, P., van Dijk, L. C. M., & Struik, P. C. (2023). Responsible Innovation in Plant Breeding: The Case of Hybrid Potato Breeding. Plants, 12(9). Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants12091751>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Suresh, K., Zeisler-Diehl, V. v., Wojciechowski, T., & Schreiber, L. (2022). Comparing Anatomy, Chemical Composition, And Water Permeability Of Suberized Organs In Five Plant Species: Wax Makes The Difference. Planta, 256(3).
- Tadesse, G., Muluaem, T., & Demissew, M. (2020). Suitability Of Potato Cultivars For Processing: A Review. African Journal of Food Science, 14(6), 123–130.
- Tai, H. H., Lagüe, M., Thomson, S., Arousseau, F., Neilson, J., Murphy, A., Bizimungu, B., Davidson, C., Deveaux, V., Bègue, Y., Wang, H. Y., Xiong, X., & Jacobs, J. M. E. (2020). Tuber Transcriptome Profiling Of Eight Potato Cultivars With Different Cold-Induced Sweetening Responses To Cold Storage. Plant Physiology and Biochemistry, 146, 163–176.
- Teixeira, M. A.; Lucas, F. A.; Souza, A. L.; Paiva, D. S.; Alves, R. P. (2020). Alterações Físico-Químicas Em Batatas Armazenadas Em Diferentes Temperaturas. Revista Brasileira de Armazenamento, v. 27, n. 1, p. 85–92.
- Tessema, L., & Seid, E. (2024). Ethiopia's Potato Seed System: Regulatory Challenges, Quality Assurance n.s, and Pathways for Improvement — A mini review. In: F1000Research (v. 13). F1000 Research Ltd.
- Torrance, L., & Talianksy, M. E. (2020). Potato Virus Y Emergence And Evolution From The Andes Of South America To Become A Major Destructive Pathogen Of Potato And Other Solanaceous Crops Worldwide. Viruses, 12(12). Disponível em: <https://doi.org/10.3390/v12121430>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Tsai, J. Y., Wang, T. T., Huang, P. L., & Do, Y. Y. (2021). Effects Of Developmental Stages On Postharvest Performance Of White Crane Orchid (*Calanthe triplicata*) Inflorescences. Scientia Horticulturae, 281, 109988.

- Viana, J.S; Palaretti, L.F; Faria, R.T; Delgado, Y.V; Dalri, A.B; Barbosa, J.A. (2020). Potato Production Affected By Fertilization Methods, Masses Of Seed Tubers And Water Regimes. *Horticultura Brasileira* 38: 166-174. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0102-053620200209>
- Wasserman, L. A., Kolachevskaya, O. O., Krivandin, A. v., Filatova, A. G., Gradov, O. v., Plashchina, I. G., & Romanov, G. A. (2023). Changes in Structural and Thermodynamic Properties of Starch during Potato Tuber Dormancy. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(9).
- Wyrzykowska, A., & Nawrocka, A. (2024). Impact of the Temperature Reconditioning of Cold-Stored Potatoes on the Color of Potato Chips and French Fries. *Foods*, 13(5), 652. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods13050652>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Xiao, Y. Y., Kuang, J. F., Qi, X. N., Ye, Y. J., Wu, Z. X., Chen, J. Y., & Lu, W. J. (2018). A Comprehensive Investigation Of Starch Degradation Process And Identification Of A Transcriptional Activator Mabhlh6 During Banana Fruit Ripening. *Plant Biotechnology Journal*, 16(1), 151–164. <https://doi.org/10.1111/pbi.12756>
- Xu, J., Li, Y., Kaur, L., Singh, J., & Zeng, F. (2023). Functional Food Based on Potato. In: *Foods* (v. 12, n. 11). MDPI. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods12112145>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Yu, J., Wang, K., & Beckles, D. M. (2021). Starch Branching Enzymes As Putative Determinants Of Postharvest Quality In Horticultural Crops. In: *BMC Plant Biology* (v. 21, n. 1). BioMed Central Ltd. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12870-021-03253-6>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Zhang, B.; Li, X.; Gao, F.; Zhou, H.; Zhou, H.; Yao, W. (2014). Amylase Analysis In Potato Starch Degradation During Cold Storage And Sprouting. *American Journal of Potato Research*, v. 91, p. 451–457.
- Zhang, Q., Li, F., & Xu, G. (2020). Postharvest Water Loss And Textural Changes Of Potato Tubers. *Journal of Food Quality*, 2020, Article ID 8835047.
- Zhang, S., Wang, X., Kinay, P., & Dau, Q. (2024). Climate Change Impacts on Potato Storage. In: *Foods* (v. 13, n. 7). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods13071119>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Zou, C., van der Putten, P. E. L., Datema, M., Mossink, L., Lommen, W. J. M., Struik, P. C., & van Ittersum, M. K. (2024). Physiological Age of Potato Seed Tubers of Contrasting Cultivars Hardly Affects Crop Performance in a Temperate Climate. *Potato Research*. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11540-024-09731-2>. Acesso em: 23 jun. 2025.