

SINARA DE NAZARÉ SANTANA BRITO

**APLICAÇÃO PRÉ-COLHEITA DE MELATONINA E ÁCIDO SALICÍLICO EM UVA
'BRS VITÓRIA'**

Botucatu

2024

SINARA DE NAZARÉ SANTANA BRITO

**APLICAÇÃO PRÉ-COLHEITA DE MELATONINA E ÁCIDO SALICÍLICO EM UVA
'BRS VITÓRIA'**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para
obtenção do título de Mestre em Agronomia
(Horticultura).

Orientadora: Dr.^a Giuseppina Pace Pereira Lima
Coorientador: Dr. Igor Otávio Minatel
Coorientador: Dr. Vitor Augusto dos Santos Garcia

Botucatu
2024

B862a	Brito, Sinara de Nazaré Santana Aplicação pré-colheita de melatonina e ácido salicílico em uva ‘BRS Vitória’ / Sinara de Nazaré Santana Brito. -- Botucatu, 2024 98 p. : il., tabs., fotos Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu Orientadora: Giuseppina Pace Pereira Lima Coorientador: Igor Otávio Minatel / Vitor Augusto dos Santos Garcia 1. antioxidante. 2. compostos fenólicos. 3. metabolismo pós-colheita. I. Título.
-------	--

FOLHA DE APROVAÇÃO



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**APLICAÇÃO PRÉ-COLHEITA DE MELATONINA E ÁCIDO SALICÍLICO EM UVAS
'BRS VITÓRIA'**

AUTORA: SINARA DE NAZARÉ SANTANA BRITO
ORIENTADORA: GIUSEPPINA PACE PEREIRA LIMA
COORIENTADOR: IGOR OTÁVIO MINATEL
COORIENTADOR: VITOR AUGUSTO DOS SANTOS GARCIA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Agronomia
(Horticultura), pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. GIUSEPPINA PACE PEREIRA LIMA (Participação Presencial)
Ciências Químicas e Biológicas / IB UNESP Botucatu

Professora Doutora ALINE NUNES (Participação Virtual)
Pós-Doutoranda - Departamento de Ciências Químicas e Biológicas / Instituto de Biociências de Botucatu

Prof. Dr. SANTINO SEABRA JÚNIOR (Participação Presencial)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias - Unesp

Botucatu, 24 de julho de 2024.

Ó Senhor, tu és o meu Deus. Eu te adorarei e louvarei o teu
nome, pois tens feito coisas maravilhosas; tens cumprido
fielmente os planos seguros que há muito tempo decidiste fazer.

Isaías 25:1

AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte de toda a sabedoria, força e amor, por ter me sustentado, me guiado e por sua infinita misericórdia durante toda a jornada desta pesquisa. Sem a Tua presença constante, este objetivo não teria sido alcançado. Toda honra e toda glória seja dada a Ti.

Aos meus pais (Madalena Lima, Abel Santana e Marlucy Santana), pelo amor, por suas palavras de encorajamento que foram fundamentais para que eu pudesse continuar em frente, mesmo nos momentos mais difíceis e pela compreensão a minha ausência enquanto eu me dedicava à realização deste sonho. E acima de tudo, por acreditarem que por meio da educação eu poderia mudar a minha realidade e deste modo, me incentivaram a permanecer com meus sonhos. Vocês são a força que me faz querer seguir em frente.

Aos meus irmãos, primo, tia e a quem tenho muita admiração. A Ledinalva Monteiro e Alexandra Monteiro por suas palavras de incentivo e orações.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a. Giuseppina Pace Pereira Lima, por todo o conhecimento que compartilhou e ensinou sobre bioquímica, pelas palavras de encorajamento, pela disciplina, paciência e pelo incentivo constante ao longo de todo o desenvolvimento desta pesquisa assim como, seu apoio para que eu pudesse dar o meu melhor.

Ao melhor coorientador que poderia ter recebido durante esta jornada, Dr. Vitor Augusto dos Santos Garcia, por ser o ouvido e a voz da paciência, pelo seu carisma, gentileza e por compartilhar seu conhecimento e dividir momentos divertidos em nossos almoços e domingos pela Unesp.

À minha orientadora de graduação, amiga e conselheira Antonia Bronze (o Bronze que vale ouro), a quem tenho uma gratidão infinita por ter acreditado, incentivado em todo tempo e por ensinar a ter paixão pela fruticultura, por me permitir realizar meus sonhos por meio de auxílios materiais e psicológicos e em todo tempo se importar com o meu bem-estar mesmo à distância.

Ao meu companheiro de graduação e pós-graduação Harleson Monteiro, meu melhor amigo da vida, pela ajuda ativamente nesta pesquisa, pelas conversas incansáveis, pelos gestos repletos de carinho e atenção, pelas risadas e brigas, pelas horas de sono perdido para me ajudar a concluir as análises e pelo companheirismo e amizade verdadeira ao longo dos 14 anos de convivência.

Aos meus colegas de laboratório de química e bioquímica vegetal: Milene Pereira pelo auxílio sempre simpática em qualquer situação, pelo companheirismo; Gean Monteiro pelo conhecimento compartilhado, Matheus Belin pela amizade e auxílio e a estagiária Gabriela Gonçalves por deixar as quartas-feiras mais alegres e por ser minha companheira de laboratório e auxiliar durante a rotina das análises

Ao meu colega de profissão Estevão Perin que ao longo da pesquisa me auxiliou a compreender os meus dados por meio de conversas produtivas e enriquecedoras.

Aos meus colegas de pós-graduação: Camilo Sanchez, Daniel Callili, Débora Cavalcante e seu esposo por toda hospitalidade e os deliciosos café da tarde com conversas enriquecedoras. Ao Paulo Ricardo pelas horas de ensino que me dedicou durante minha pesquisa, Igor Cristian pelos conselhos e ensinamentos, Carolina Maniero por ser tão alegre e me trazer motivos para sorrir durante a pesquisa, Izamara Oliveira pelas inúmeras conversas, ensinamentos, conselhos, risadas espontâneas e por todo carinho a mim oferecido e por todo o conhecimento compartilhado. Ou seja, por sempre me ajudarem nos momentos difíceis e pela amizade oferecida gratuitamente.

As minhas amigas Elielma Ferreira e Hanne Paula pelas orações, pelas palavras de conforto, por torcerem por mim em todo tempo.

Ao Prof. Dr. Paulo Roberto meu ex-orientador da estimada UFRA, onde pude exercer a monitoria durante a graduação e receber seu apoio e incentivo durante os últimos anos de curso.

À Prof. Dr.^a Merivalda Redig da UFPA por todo carinho e auxílio nos últimos anos de graduação.

À minha banca de qualificação da qual fizeram parte Dr^a Letícia Basílio e a Dr^a Aline Nunes, que me presentearam com sugestões que enriqueceram muito meu trabalho e minha postura para conduzi-lo.

À minha banca de defesa Prof. Dr. Santino Seabra e a Dr.^a Aline Nunes, que aceitaram meu convite para contribuírem com o meu trabalho.

Ao coordenador da pós-graduação Prof. Dr. Marco Tecchio por disponibilizar sua área experimental e pelas sugestões de melhoria no projeto.

A fazenda experimental da FCA e seus funcionários por sua disponibilidade em ajudar na condução do pomar.

Ao grupo de pesquisa em Fruticultura na Amazônia – FRUTAM que sempre me permitiu ter experiências únicas e por me permitir compartilhar o meu conhecimento com os demais integrantes, em especial Sabrina Monteiro.

Ao grupo de pesquisa de Inovação Tecnológicas no Desenvolvimento de Produtos de Origem Vegetal – GITPV por todas as oportunidades de vivenciar e compartilhar novas experiências no campo da pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil – CAPES – Código de financiamento 001, processo n 88887.669927/2022-00.

À Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP.

RESUMO

A 'BRS Vitória' é uma cultivar de uva de mesa, preta sem sementes, utilizada em áreas de cultivo tropicais e subtropicais. Além de sua relevância comercial, com uma boa aceitação no mercado, esta variedade se destaca como uma fonte de compostos fenólicos, os quais conferem propriedades benéficas à saúde humana, sendo a pós-colheita considerada um grande desafio. Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a aplicação exógena de ácido salicílico (AS) e melatonina (M) no metabolismo pós-colheita dos cachos de uva 'BRS Vitória' durante o armazenamento refrigerado, adicionalmente foi avaliado o ciclo de produção no período de 2022. As soluções de melatonina (0.02, 0.05 e 0.1 mmol), combinadas ou não com ácido salicílico (1.0 mmol), além do controle (água destilada) foram pulverizadas após a poda dos cachos (148 dias). Os resultados indicaram que a cultivar apresentou um ciclo de 156 dias, classificando-se como de ciclo intermediário, e apresentou uma produtividade de 36,87 t/ha. Em relação aos tratamentos aplicados as doses de 0.02 mmol de Melatonina, isolada ou em combinação com AS, promoveram menores índices de abscisão, podridão e perda de massa nos frutos. Além das uvas com estas doses serem consideradas uma fonte potencial de compostos fenólicos totais, flavonoides, antocianinas e capacidade antioxidante ao longo dos 15 dias de armazenamento. Dentre os ácidos fenólicos, houve aumento de ácido gálico, *t*-ferulico, ácido caféico, ácido *p*-cumárico e resveratrol relacionados com ação antifúngica. Entre os polifenóis, catequina, rutina, malvidina -3,5-diglicosídeo, cianidina -3,5-diglicosídeo, malvidina -3-O-glicosídeo, delphinidina-3-O-diglicosídeo, pelargonidina -3-O-glicosídeo e peonodina-3-O-glicosídeo, foram os compostos encontrados em todos os tratamentos. Desta forma, podemos concluir que aplicação exógena de 0.02 mmol de M de forma isolada aumenta a vida pós-colheita das uvas 'BRS Vitória', além de proporcionar uma melhora na qualidade bioquímica do mosto e induzir o aumento de compostos antioxidantes do fruto.

Palavras-chave: antioxidante; compostos fenólicos; metabolismo pós-colheita.

ABSTRACT

The 'BRS Vitória' is a seedless black table grape cultivar used in tropical and subtropical growing areas. In addition to its commercial relevance and good market acceptance, this variety stands out as a source of phenolic compounds, which confer beneficial properties to human health, making post-harvest handling a significant challenge. Within this context, the objective of this study was to evaluate the exogenous application of salicylic acid (SA) and melatonin (M) on the post-harvest metabolism of 'BRS Vitória' grape bunches during refrigerated storage. Additionally, the production cycle during the 2022 period was evaluated. Melatonin solutions (0.02, 0.05, and 0.1 mmol), combined or not with salicylic acid (1.0 mmol), as well as the control (distilled water), were sprayed after bunch pruning (148 days). The results indicated that the cultivar had a 156-day cycle, classifying it as having an intermediate cycle, and showed a productivity of 36.87 t/ha. Regarding the treatments applied, doses of 0.02 mmol of Melatonin, either alone or in combination with SA, resulted in lower rates of abscission, rot, and mass loss in the fruits. Additionally, grapes treated with these doses were considered a potential source of total phenolic compounds, flavonoids, anthocyanins, and antioxidant capacity over the 15 days of storage. Among the phenolic acids, there was an increase in gallic acid, *t*-ferulic acid, caffeic acid, *p*-coumaric acid and resveratrol which are related to antifungal activity. Among the polyphenols, catechin, rutin, malvidin-3,5-diglucoside, cyanidin-3,5-diglucoside, malvidin-3-O-glucoside, delphinidin-3-O-diglucoside, pelargonidin-3-O-glucoside, and peonidin-3-O-glucoside were found in all treatments. Thus, we can conclude that the exogenous application of 0.02 mmol of M alone increases the post-harvest life of 'BRS Vitória' grapes, in addition to improving the biochemical quality of the must and inducing an increase in the fruit's antioxidant compounds.

Key-words: antioxidant; phenolic compounds; post-harvest metabolism.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Capítulo 2 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE UVAS ‘BRS VITÓRIA’ CULTIVADAS EM CLIMA SUBTROPICAL

- Figura 1 - Dados meteorológicos mensais do campo Experimental de São Manuel referente ao ciclo produtivo da cultivar ‘BRS Vitória’ 42
- Figura 2 - Estrutura física do cacho, engajo e baga de uvas ‘BRS Vitória’, cultivadas no período de 2022.....45
- Figura 3 - Avaliação do ponto de colheita das uvas ‘BRS Vitória’, durante o ciclo produtivo de 2022, 121 dias após a poda de produção (A), com intervalos de 7 dias (B) e (C) até os 158 dias após a poda (D).....45
- Figura 4 - Classificação dos cachos em “*medium loose*” (A) e “*very dense*” (B) de uva ‘BRS Vitória’ cultivada no período de 2022.....47
- Figura 5 - Evolução dos sólidos solúveis (A), pH (B), acidez titulável (C) e índice de maturação (D) da uva ‘BRS Vitória’ cultivada no período de 2022.....48

Capítulo 3 – Melatonina e ácido salicílico: Estratégias promissoras para conservação da qualidade pós-colheita de uvas ‘BRS Vitória’

- Figura 1 - Estrutura química do ácido salicílico.....54
- Figura 2 - Estrutura química da melatonina.....55
- Figura 3 - Efeitos do ácido salicílico e da melatonina nos frutos de uva de mesa....56
- Figura 4 - Podridão (%), degrana (%) (A) e perda de massa (%) (B) nas bagas da uva ‘BRS Vitória’ submetida à aplicação via pulverização com melatonina (M) e ácido salicílico (S.A) na pré-colheita.....64
- Figura 5 - Análise de componentes principais (PCA) com projeção bidimensional (A) e pontuações (B) de atributos químicos.....70
- Figura 6 - Análise de componentes principais (PCA) com projeção bidimensional (A) e pontuações (B) de atributos bioquímicos.....76
- Figura 7 - Análise de componentes principais (PCA) com projeção bidimensional (A) e pontuações (B) de atributos físicos (A) e atributos bioquímicos (B).....78

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE UVAS ‘BRS VITÓRIA’ CULTIVADAS EM CLIMA SUBTROPICAL

Tabela 1 - Análise física dos cachos, engão e bagas de uvas ‘BRS Vitória’, produzidas no período de 2022.....46

Capítulo 3 – MELATONINA E ÁCIDO SALICÍLICO: ESTRATÉGIAS PROMISSORA PARA CONSERVAÇÃO DA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE UVAS ‘BRS VITÓRIA’

Tabela 1 - Teor de sólidos solúveis (SS), pH, acidez titulável (AT) e relação sólidos solúveis/acidez titulável (ratio) do mosto da cultivar ‘BRS Vitória’ pulverizados com melatonina (M) e ácido salicílico (SA).....67

Tabela 2 - Compostos fenólicos totais, flavonoides e antocianinas totais das bagas de uva cultivar ‘BRS Vitória’ em diferentes concentrações de melatonina (M) e ácido salicílico.....72

Tabela 3 - Atividades antioxidantes (DPPH e FRAP) das bagas da uva cultivar ‘BRS Vitória’ em diferentes aplicações de melatonina (M) e ácido salicílico (S.A) 75

Tabela 4 - Perfil de compostos fenólicos, em uva ‘BRS Vitória’ tratadas com melatonina (M) e ácido salicílico (AS).....81

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	21
CAPÍTULO 1 – MELATONINA E ÁCIDO SALICÍLICO NA PRESERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE UVAS SEM SEMENTE: UMA REVISÃO NARRATIVA...24	
1.1 INTRODUÇÃO.....	25
1.2 QUALIDADE E CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE UVAS DE MESA	27
1.2.1 Uva de mesa.....	27
1.2.2 ‘BRS Vitória’	28
1.2.3 Substâncias aplicadas durante a pré-colheita e pós-colheita	29
1.2.4 Melatonina	31
1.2.5 Ácido Salicílico (SA).....	32
1.3 CONCLUSÕES.....	33
REFERÊNCIAS	35
CAPÍTULO 2 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE UVAS ‘BRS VITÓRIA’ CULTIVADAS EM CLIMA SUBTROPICAL	40
2.1 INTRODUÇÃO	42
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	43
2.2.1 Material vegetal e desenho de pesquisa experimental	43
2.2.2 Caracterização.....	44
2.2.2.1 <i>Análise física do cacho, baga e engaço</i>	44
2.2.2.2 <i>Sólidos solúveis, pH, acidez titulável e ratio</i>	44
2.2.3 Análise estatística	45
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
2.3.1 Análise física do bagas, engaço e cachos	46
2.3.2 Curva de maturação	48
2.4 CONCLUSÕES.....	50
AGRADECIMENTOS.....	50
REFERÊNCIAS	51
CAPÍTULO 3 – MELATONINA E ÁCIDO SALICÍLICO: ESTRATÉGIAS PROMISSORAS PARA CONSERVAÇÃO DA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE UVAS ‘BRS VITÓRIA’	53
3.1 INTRODUÇÃO.....	54
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	57
3.2.1 Videiras e delineamento de pesquisa experimental.....	57

3.2.2 Índice de podridão	59
3.2.3 % Degrana	59
3.2.4 Perda de massa fresca.....	59
3.2.5 Análises químicas das uvas	59
3.2.6 Componentes bioquímicos das bagas de uvas e preparação das amostras....	60
3.2.7 Compostos fenólicos totais.....	60
3.2.8 Conteúdo de flavonoides totais	60
3.2.9 Determinação do teor de antocianinas totais	60
3.2.10 Atividade antioxidante	61
3.2.11 Perfil de compostos fenólicos via HPLC.....	61
3.2.12 Análise estatística	62
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
3.4 CONCLUSÃO	87
REFERÊNCIAS.....	88
CONSIDERAÇÕES FINAIS	94
REFERÊNCIAS.....	95
APÊNDICE.....	97

INTRODUÇÃO GERAL

A vitivinicultura desempenha um papel importante na economia e na sociedade, especialmente em áreas como a Serra Gaúcha e o estado de São Paulo. Este setor abrange uma ampla variedade de práticas vitícolas, adaptadas às condições climáticas diversificadas do Brasil, que incluem zonas temperadas, subtropicais e tropicais (Mello; Machado, 2021). As particularidades de cada região afetam diretamente a fenologia, os ciclos de colheita, as variedades cultivadas, o manejo agrícola e as tendências do mercado (Hassan; Al-Rawi, 2013; Simone *et al.*, 2020).

As uvas de mesa, em especial, são ricas em fitoquímicos com atividade antioxidante, como polifenóis e antocianinas, que têm sido associados a benefícios significativos para a saúde humana. E os polifenóis e antocianinas são metabólitos secundários que desempenham funções vitais nos vegetais, incluindo crescimento, pigmentação, reprodução e características organolépticas, além de serem fundamentais para os mecanismos de defesa das plantas contra estresses bióticos e abióticos (Wang *et al.*, 2019; Shi *et al.*, 2022).

Suprir às diversas exigências dos mercados nacionais e internacionais requer uma atenção rigorosa a fatores críticos, como seleção de porta-enxertos, métodos de poda, estratégias de irrigação, manejo fitossanitário, nutrição e técnicas pós-colheita. E para o avanço sustentável do setor depende da colaboração eficaz entre múltiplas partes interessadas, incluindo organizações e instituições, para assegurar o desenvolvimento sustentável e a produção de uvas de alta qualidade, satisfazendo assim as demandas dos mercados globais (Hassan; Al-Rawi, 2013; Jiang *et al.*, 2022).

Neste sentido, em 2012 o Programa de Melhoramento Genético “Uvas do Brasil” da Embrapa Uva e Vinho, lançou a cultivar BRS vitória (Maia *et al.*, 2016). Esta cultivar possui características que atende as exigências do mercado interno e externo, dentre elas, destaca-se o bom desempenho agrônômico e ampla adaptação a diferentes condições climáticas, caracterizando-se por seu ciclo de maturação precoce a intermediário, apresentando alta fertilidade de gemas e capacidade de produzir até dois cachos por ramo (Maia *et al.*, 2016; Colombo *et al.*, 2018). Além de ser tolerante ao míldio (a doença de maior impacto econômico na viticultura), as uvas podem atingir mais de 18 °Brix, variando conforme a região de cultivo, as bagas são firmes e com sabor aframboesado e sua produtividade pode chegar até 30 toneladas por hectare (Souza *et al.*, 2018). A 'BRS Vitória' ganhou destaque significativo como uma

variedade apirênica, conquistando considerável popularidade no mercado brasileiro devido à sua doçura, sabor excepcional e conveniência para o consumo (Zilio *et al.*, 2019).

A natureza não-climatérica da uva, exibe atividade fisiológica reduzida é altamente sensível a danos mecânicos, perda de água e infecções por patógenos, o que resulta na perda de firmeza e essas alterações comprometem a qualidade do fruto, reduzindo sua aceitação no mercado e limitando sua vida útil pós-colheita (Giovannoni, 2001; Aghdam *et al.*, 2018), portanto, é crucial aplicar produtos que prolonguem e mantenham a qualidade do fruto após a colheita, com o objetivo de mitigar essas perdas.

Aproximadamente 26 milhões de toneladas de alimentos eram desperdiçadas anualmente no Brasil antes da pandemia, sendo 5,3 milhões de toneladas relacionadas a frutas e 5,6 milhões de toneladas a hortaliças (ABRAS, 2019). Em 2020, o índice de desperdício de frutas e hortaliças nos supermercados correspondeu a 5,25% de sua receita bruta, um dos maiores percentuais comparativamente a outras categorias de produtos perecíveis, como panificação (2,74%) e produtos de açougue (2,62%) (ABRAS, 2021; Moraes *et al.*, 2022). Em relação com outras frutas, a uva se destaca por demandar mão de obra qualificada e insumos tecnológicos específicos, devido à sua alta sensibilidade e natureza perecível, a uva enfrenta desafios significativos durante a colheita e distribuição, resultando em taxas de perda podendo variar de 30 a 50%, dependendo do tempo de exposição às condições inadequadas (Oliveira *et al.*, 2022). Nesse sentido, para as uvas sem semente, como a 'BRS Vitória' pesquisas específicas de pós-colheita, torna-se importante o estudo de métodos de conservação que permitam a manutenção da qualidade, possibilitando melhores condições para comercialização.

Os fitormônios desempenham um papel fundamental na regulação do desenvolvimento, crescimento e amadurecimento dos frutos, além de contribuírem para a resistência das plantas a estresses bióticos e abióticos (Fenn; Giovannoni, 2021). Nesse contexto, diversos estudos têm sido conduzidos para investigar os elementos que podem retardar o amadurecimento dos frutos, tanto climatéricos quanto não climatéricos, visando preservar suas qualidades. Entretanto, há uma carência significativa de informações sobre os elicitores de amadurecimento e sua interação com outros fitormônios durante o processo pós-colheita da uva (Farcuh *et al.*, 2019).

Na fase pós-colheita, o ácido salicílico (AS) e a melatonina (M) emergem como opções viáveis de baixo custo e fácil acesso para mitigar as perdas após a colheita (Zhang *et al.*, 2020; Ennab *et al.*, 2020). Estudos têm investigado a aplicação exógena de ácido salicílico e melatonina durante a pré-colheita com o objetivo de melhorar atributos de qualidade organolépticas, nutricionais e os compostos bioativos das bagas (Zhang *et al.*, 2020; Ibrahim *et al.*, 2020). Além de melhorar a qualidade sensorial, o AS e a melatonina têm demonstrado aumentar a atividade de enzimas antioxidantes, reduzindo doenças, prolongando o período de armazenamento e preservando a qualidade dos frutos (Dong *et al.*, 2022; Wang *et al.*, 2022). Outras pesquisas indicam que a aplicação pré-colheita de AS e/ou melatonina contribui para reduzir a degrana, índice de podridão e perda de massa fresca dos cachos de uvas durante o armazenamento (Mohamad; Zehouri, 2021; Arnao; Hernandez-Ruiz, 2019). Assim, tanto o AS quanto a melatonina, individualmente ou em combinação, podem desempenhar um papel crucial na extensão da vida útil pós-colheita de uvas de mesa.

Sendo assim, esta pesquisa teve como objetivo avaliar as características físico-químicas, compostos bioativos (compostos fenólicos, aminoácidos e aminas biogênicas) e atividade antioxidante na pós-colheita da uva 'BRS Vitória' tratada pulverização na pré-colheita com soluções de melatonina de forma isolada e/ou combinadas com ácido salicílico.

CAPÍTULO 1

MELATONINA E ÁCIDO SALICÍLICO NA PRESERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE UVAS SEM SEMENTE: UMA REVISÃO NARRATIVA¹

RESUMO – As uvas podem ser classificadas como uvas finas para mesa e vinho, também sendo possível distingui-las pelos compostos bioativos que apresentam, como pelas substâncias fenólicas e pela capacidade antioxidante, visto que algumas cultivares são importantes fontes desses compostos. Todavia, na pós-colheita, a senescência impacta diretamente na degradação da qualidade dos frutos, o que compromete sua comercialização, levando em consideração seu tempo de vida útil em prateleira. Essa deterioração pós-colheita, acarreta no desperdício, na perda de firmeza, na desidratação e alta susceptibilidade a agentes patogênicos. Assim, estudos tem se voltado para determinar práticas que podem influenciar no metabolismo primário e secundário das bagas de uvas, visando retardar esse processo de envelhecimento em nível celular. Destacam-se as técnicas agronômicas, o ajuste de temperatura para armazenamento, a adaptação genética das videiras e a aplicação de substâncias exógenas. Esse último em especial tem demonstrado resultados favoráveis em diversas frutíferas, como nas uvas de mesa. Esses resultados estão relacionados à ativação das vias de sinalização hormonais e das vias de defesa. Entre as substâncias ressalta-se a importância da melatonina e do ácido salicílico para preservação pós-colheita da uva de mesa. Desse modo, nesta revisão, examinamos o progresso recente das novas metodologias para promover a preservação pós-colheita de frutas, especialmente sobre os efeitos benéficos no uso de melatonina e ácido salicílico em uvas de mesa sem semente.

Palavras-chave: compostos bioativos, videiras, substâncias exógenas.

¹Tecnologia e Inovação na Agricultura: aplicação, produtividade e sustentabilidade em pesquisa - ISBN 978-65-5360-317-2- Vol. 1 - Ano 2023 - Editora Científica Digital - www.editoracientifica.com.br

1.1 INTRODUÇÃO

A filogeografia da videira está ligada à história de antigas populações estabelecidas na Bacia do Mar Cáspio, no Oriente Próximo e na Bacia do Mediterrâneo (Moura; Hernandes; Júnior, 2021). O cultivo da uva, assim como o processo de vinificação, ocorrera em algum local no sul do Cáucaso, no norte do Crescente Fértil ou no Levante, atualmente regiões que compreendem os estados da Palestina, Israel, Jordânia e outros próximos e após a domesticação de espécies locais selvagens, que ainda são encontradas distribuídas pela Europa, norte da África e oeste da Ásia em pequenas populações dispersas, as cultivares de uva seguiram um padrão de dispersão predominante ao oeste, especialmente devido à migração humana e pelo comércio marítimo, todavia, espalhando-se posteriormente para todos os continentes (Magris *et al.*, 2021).

Mais de 10.000 variedades de uvas são encontradas ao redor do mundo atualmente e a espécie *Vitis vinífera* é a mais cultivada, apresentando os tipos vermelho, preto e branco. A origem dessa remonta a Ásia Ocidental e o sul da Europa (Parihar; Sharma, 2021). Conforme a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), 75.866 km² são destinados ao cultivo de uva, sendo que 71% da produção mundial é utilizada para fabricação de vinho, 27% são consumidas in natura e 2% como fruta seca (Khan *et al.*, 2020).

O Brasil, no ano de 2020, apresentou uma área plantada de 74.826 ha com videiras, segundo dados obtidos no Instituto Brasileiro Geografia e Estatística (IBGE), 2020. As regiões que possuem maior representatividade é a região Sul com 73,12% da área total do país, seguido do Sudeste com 12,65%, do Nordeste com 13,94% (mais precisamente no Vale do São Francisco - Pernambuco e Bahia), e nas demais regiões do país o cultivo da videira vem aumentando gradativamente (Mello; Machado, 2021).

Quanto ao contexto da vitivinicultura no Brasil, o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), detém o maior banco de germoplasma, que engloba espécies selvagens de *Vitis*, híbridos interespecíficos e variedades de espécies cultivadas, dentre elas, *V. vinífera*, *V. labrusca*, *V. bourquina*, *V. rotundifolia* e variedades melhoradas e pesquisadas pelo IAC (Oliveira *et al.*, 2020).

As referidas espécies podem ser classificadas conforme a categoria de produção, ou seja, para fins industriais, como vinhos, sucos e aguardente, assim como para o

consumo *in natura*, na forma de uvas passas, concentrados de suco de uvas e para fins comerciais na forma de porta-enxertos e quanto para cultivares-copa de videiras (Walker *et al.*, 2019).

As uvas são classificadas como uvas finas para mesa e vinho, provenientes de cultivares da espécie *Vitis vinifera*, e “uvas comuns”, resultante de cultivares de origem norte-americana, normalmente das espécies *Vitis labrusca*, *Vitis bourquina*, ou podendo ser de híbridos entre distintas espécies de *Vitis* (Moura; Hernandez; Júnior, 2021).

Além dessa classificação, é possível distinguir cultivares de uvas pelos compostos bioativos que apresentam, como pelas substâncias fenólicas e pela capacidade antioxidante. Comumente, as variedades de uvas pretas possuem elevado conteúdo nutricional e fenólico (Teixeira *et al.*, 2014). Entretanto, fatores (a)bióticos, como ambiente, prática vitícola, tipo de porta-enxertos, tempo de cultivo das videiras e mutações nos vinhedos, podem afetar a síntese dos compostos fenólicos e a atividade antioxidante das bagas das uvas (Hassan; Al-Rawi, 2013).

Além dos compostos fenólicos, as uvas apresentam ácidos aromáticos, flavonoides, proantocianinas e estilbenos. São encontrados elementos nutritivos, como minerais, proteínas, carboidratos, gorduras, fibras e vitamina C. Devido à riqueza de fitoquímicos, a uva tem sido utilizada há muitos anos em terapias medicamentosas, como laxantes, carminativos, resfriados e gripes, anemias, tratamento de feridas, de alergia e de bronquite. Ademais, pelos compostos bioativos, estudos apontam sua ação antidiabética, anti-inflamatória, antimicrobiana, antienvhecimento, anti-hipertensiva, antiacne, anticancerígena, antiobesidade, anticolinérgica, entre outras (Parihar; Sharma, 2021).

Os seus atributos sensoriais são muito apreciados, assim como, as vitaminas e compostos bioativos que apresentam, no entanto, no decorrer do manuseio de pós-colheita, as uvas rapidamente perdem umidade, o que causa escurecimento e secagem da raque, havendo perda de massa e quebra e murcha da baga. Esses déficits que ocorrem na pós-colheita implicam em perdas quantitativas e qualitativas, consequentemente resultando em perdas econômicas (Pezzuto *et al.*, 2008; Simone *et al.*, 2020).

Para a identificação do ponto de colheita é necessário conhecimento sobre três fatores: 1) os fatores relacionados a genética, que se diferenciam conforme as características de cada cultivar; 2) fatores ambientais, que abrangem as condições

climáticas, estação do ano e condições edafoclimáticas; e 3) fator referente as práticas agrícolas, ou seja, quanto ao número de dias após a brotação, índice graus-dia e evolução da cor da casca. Os fatores elencados podem acarretar mudanças físico-químicas dos frutos (EMBRAPA, 2010).

Após a colheita, o fator que implica na degradação da qualidade dos frutos e sua comercialização é a senescência, que por sua vez é uma continuação das características influenciadas por elementos endógenos e exógenos, obtido pela combinação de inúmeras sinalizações e metabolismos fisiológicos no ciclo dos vegetais (Zhang *et al.*, 2020; El-Beltagi, 2022). Esse fator resulta na deterioração pós-colheita, levando ao desperdício, perda de firmeza, desidratação e alta susceptibilidade a agentes patogênicos (Ranjbaran *et al.*, 2011).

Os fitormônios são essenciais no desenvolvimento e maturação dos frutos, portanto, o conhecimento sobre esses permite que processos fisiológicos sejam retardados, por exemplo (Fenn; Giovannoni, 2021). Nesse sentido, muitas pesquisas têm sido desenvolvidas com o intuito de elucidar os fatores que possam promover esse retardo no amadurecimento, sem comprometer as qualidades de frutos climatéricos e não climatéricos (Farciuh *et al.*, 2019), no entanto, ainda são escassas as informações sobre esses elicitadores de amadurecimento e o envolvimento com outros fitormônios no processo de pós-colheita da uva.

Desse modo, nesta revisão, examinamos o progresso recente das novas metodologias para promover a preservação pós-colheita de frutas, especialmente sobre os efeitos benéficos no uso de melatonina e ácido salicílico em uvas de mesa sem semente.

1.2 QUALIDADE E CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE UVAS DE MESA

1.2.1 Uva de mesa

As uvas de mesa estão entre as frutas mais amplamente consumidas em todo o mundo (Liu *et al.*, 2018), com produção de 247.54 milhões de quilos somente no Brasil em 2019. Dessas, 72,06% são de uvas de mesa rústica, ou seja, americana ou híbrida, 27,1% são de uvas finas de mesa e apenas 0,74% é destinada à indústria (Mello; Machado, 2021).

Inúmeras cultivares são encontradas, mas as principais variedades para consumo *in natura* no país são as 'Niágara Rosada' (rústica) e a 'Itália'. O cultivo de uvas sem semente tem se intensificado, e as primeiras introduzidas no mercado foram a 'Superior Seedless', a 'Crimson Seedless', e a 'Thompson Seedless', atualmente essas estão sendo substituídas gradativamente por cultivares mais adaptadas e mais produtivas, como a 'Arra 15', a 'BRS Iris', a 'BRS Núbia' e a 'BRS Vitória', essa última em especial, com ampla possibilidade de cultivo em larga escala (Mello; Machado, 2021).

1.2.2 'BRS Vitória'

O Programa de Melhoramento Genético "Uvas do Brasil" da Embrapa Uva e Vinho, vem desenvolvendo, desde 1997, novas cultivares de uva para mesa e para a indústria, com a finalidade de tornar o país um forte exportador da fruta (Ritschel; Sebben, 2010; EMBRAPA, 2014).

Entre os anos 2012 e 2013, o Programa lançou três cultivares para mesa, entre elas a cultivar 'BRS Vitória', que no ano de 2004, teve seu cruzamento realizado entre a CNPUV 681-29' ('Arkansas 1976' x 'CNPUV 147-3' - 'Niágara Branca' x 'Vênus') e a 'BRS Linda'. A partir do seu desenvolvimento, as plantas foram enxertadas em parreirais no município de Jales, São Paulo, e agora atendem toda as regiões do país. Atualmente a 'BRS Vitória' é a cultivar de uva brasileira que mais fornece frutos em quantidade, atendendo exigências do mercado externo, principalmente do mercado europeu (Maia *et al.*, 2012; Maia *et al.*, 2013; Ritschel *et al.*, 2013; Maia *et al.*, 2016).

Durante seu desenvolvimento vegetativo, diversas avaliações produtivas foram realizadas a partir da primeira colheita, cujos resultados apontaram para uma cultivar vigorosa, com aceleração de desenvolvimento e na formação da planta, já no primeiro ano de cultivo (Maia *et al.*, 2016).

Além disso, a cultivar apresenta bom desempenho agrônômico e ampla adaptação climática, com ciclo precoce, alta fertilidade de gemas, podendo produzir até dois cachos por ramo, com tolerância principalmente ao míldio, que é a doença de maior importância econômica para a videira, (Maia *et al.*, 2016; Souza *et al.*, 2018; Zilio *et al.*, 2019).

Os cachos e bagas da 'BRS Vitória' apresentam elevado potencial glucométrico, atingindo mais de 18 °Brix, com elevada acidez, de tamanho médio (20 mm x 28 mm)

e formato esférico. A coloração da baga é preto-azulada, apresentando película esparsa e resistente, com polpa incolor, firme e de sabor aframboesado, por ser uma cultivar de uva apirênica, seus frutos não possuem sementes e os cachos podem pesar cerca de 290g em cultivos realizados em regiões de clima tropical. A produtividade da cultivar pode alcançar até 30 toneladas (Souza *et al.*, 2018; Zilio *et al.*, 2019).

1.2.3 Substâncias aplicadas durante a pré-colheita e pós-colheita

Inúmeros fatores podem levar a perda da qualidade dos frutos, mas o distúrbio metabólico secundário ocasionado pela distribuição desproporcional de energia é nocivo para as frutíferas e hortaliças pós-colheita, pois são capazes de impulsionar outros estresses secundários, entre eles, o acúmulo de espécies reativas de oxigênio (ROS), compreendendo o oxigênio (O_2), radical superóxido (O_2^-), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e radical hidroxila (HO^-), capazes de afetar os ácidos nucleicos, proteínas e as frações lipídicas das células vegetais (Aghdam *et al.*, 2018).

Em específico, as videiras são importantes fontes de compostos fenólicos, que ao decorrer do estágio de maturação podem apresentar concentrações alteradas, e as suas bagas são compostas por polifenóis, divididos em duas categorias, os flavonoides (antocianinas, flavan-3-óis, taninos condensados e flavonoides) e os compostos não flavonoides (ácidos fenólicos e estilbenos), e estes polifenóis, têm ligação com a natureza perecível das frutas, atraindo a atenção dos pesquisadores em todo mundo, despertando o interesse de buscar novas alternativas para manter a qualidade dos frutos pós-colheita no processo de armazenamento, preservação e transporte (Colombo *et al.*, 2018).

Nesse sentido, a natureza perecível das frutas atrai a atenção dos pesquisadores em todo mundo, despertando o interesse de buscar novas alternativas para manter a qualidade dos frutos pós-colheita no processo de armazenamento, preservação e transporte (Zhang *et al.*, 2020). Alguns métodos, como o armazenamento a frio, uso de embalagens e revestimentos diferenciados, imersão em substâncias e aplicação via pulverização tem sido cada vez mais aprimorado (Guerra *et al.*, 2016).

Além desses métodos, destaca a aplicação de diferentes substâncias durante a pré e pós-colheita das frutas (Zhang *et al.*, 2020), como os reguladores de crescimento de plantas ou de moléculas sinalizadoras endógenas, de forma independente ou em

combinações. Como exemplo, nas uvas cita-se o uso de benzilaminopurina, o ácido indolbutírico, o ácido giberélico, o ácido salicílico, o ácido oxálico (AO), a melatonina (MLT), o óxido nítrico (NO), o sulfeto de hidrogênio (H₂S), os jasmonatos (JAs) e as poliaminas (PA) (Blancquaert *et al.*, 2019; Tarinejad; Amiri, 2019; Zhang *et al.*, 2020; Ibrahim *et al.*, 2020).

Dentre essas mencionadas, nos próximos subtópicos serão tratadas com maior propriedade, a melatonina, o ácido salicílico devido à resultados promissores já encontrados por meio do manuseio da tecnologia de pós-colheita em frutos. Conforme (Mohamad; Zehouri, 2021), demonstrou que a aplicação de SA e OA induziram positivamente a melhoria das características físicas das bagas, cachos e raquis, controlando a podridão pós-colheita, retardou perdas no armazenamento de uvas sem semente “Tompson Seedles”, e reduziu a contaminação por fungos durante o armazenamento.

Em *R. Roxburghii*, o uso de melatonina exógena promoveu, a manutenção da qualidade pós-colheita do fruto, por meio do aumento da capacidade antioxidante e o nível energético, assim como, aumentou os níveis de expressão da biossíntese do ácido l-ascórbico (AsA), proporcionando a síntese e a reciclagem do AsA (Dong *et al.*, 2022).

Nos últimos anos, a aplicação exógena de MLT em frutos de tomate, aumentou a produção de frutos, dos seus atributos qualitativos, englobando os sólidos solúveis totais (SST), ácido ascórbico e licopeno (Chavan; Sakhale, 2020).

E conforme evidenciado em pesquisas com frutos de pêra, a aplicação de MLT exógena regulou a atividade da invertase ácida vacuolar, da invertase neutra e da sacarose sintase (indicadores enzimáticos do desenvolvimento e amadurecimento nos frutos), que estão associados ao metabolismo, síntese e quebra da sacarose e, isso gera influência direta no conteúdo de sacarose, glicose frutose, e a MLT interferiu positivamente no aumento dos açúcares redutores e solúveis que indiretamente influenciam no sabor dos frutos (Liu *et al.*, 2019).

Além disso, determinadas práticas podem influenciar diretamente no metabolismo primário e secundário das bagas de uvas, como técnicas agrônomicas, condições climáticas, aplicação de substâncias exógenas, pragas e doenças e a própria genética das videiras, e por este motivo, pesquisadores e produtores buscam ferramentas confiáveis para obter melhores tipos de cachos de uvas de mesa, com objetivo de atender as expectativas do mercado (Jiang *et al.*, 2022).

1.2.4 Melatonina

No ano de 1995, a melatonina (MLT) vegetal foi identificada pela primeira vez em plantas vasculares, classificadas como pteridófitas, gimnospermas e angiospermas. Com estrutura N-acetil-5-metoxitriptamina, semelhante à do ácido indol-3-acético, a MLT chamou atenção dos pesquisadores, que buscaram esclarecer suas funções e ações nos vegetais (Hattori *et al.*, 1995; Arnao; Hernandez-Ruiz, 2019).

A sua identificação inicial se deu pela via da serotonina, sendo catalisada pela serotonina N-acetiltransferase (SNAT)/arilalquilamina N-acetiltransferase (AANAT) para formar N-acetil-serotonina, e, então, N-acetil-serotonina é metilada para gerar a melatonina mediada pela N-acetil-serotonina metiltransferase (ASMT)/hidroxiindol-O-metiltransferase (HIOMT) (DUN-XIAN, 2015).

A MLT se mostrou um importante regulador de crescimento vegetal, semelhante ao hormônio vegetal, devido ao triptofano ser uma fonte de substrato para o ácido indol-3-acético (IAA) nas plantas. Além disso, a MLT possui um papel protetor na biossíntese da clorofila sob estresses abióticos, o que pode estar associado a sua capacidade antioxidante e interação na expressão gênica entre enzimas e o regulador do catabolismo da clorofila, influenciando nos tecidos senescentes (Pružinská *et al.*, 2003; Wang *et al.*, 2017; Arnao; Hernandez-Ruiz, 2019).

Pela capacidade antioxidante que apresenta, a MLT atua no controle de espécies reativas de oxigênio e nitrogênio (ROS e RNS) em plantas, desempenhando função indispensável na estabilidade das membranas biológicas. Assim como, envolve-se nos processos fisiológicos, como os eventos metabólicos de germinação, enraizamento, crescimento, mecanismos da fotossíntese, osmorregulação e nas respostas a estímulos de estresse abióticos e bióticos (Galano *et al.*, 2012).

Nos vegetais, a biossíntese da MLT ocorre tanto no cloroplasto quanto na mitocôndria, iniciando-se com o triptofano, e é descarboxilada para formar triptamina. Na segunda etapa, a triptamina é hidroxilada na quinta posição do anel indol para formar 5-hidroxitriptamina (serotonina). Na etapa três, a serotonina é convertida em N-acetil serotonina pela N-acetil transferase e finalizando o processo, a última etapa consiste na melatonina com a ajuda da N-acetil serotonina metil transferase (Reiter *et al.*, 2016).

Existem evidências que a MLT exógena modifica expressivamente a biossíntese dos polifenóis em frutos, aumenta os teores de flavonóides, dentre esses os flavonóis,

flavanóis, antocianinas e proantocianidinas, e os compostos não-flavonóides, como os ácidos fenólicos, coumárico e didroxibenzóico e estilbenos/resveratrol, que possuem funções vitais em resposta a fatores abióticos (Liang *et al.*, 2018).

Pesquisas realizadas com o tratamento exógeno de MLT em frutíferas tem colaborado para regular o metabolismo de espécies reativas, e controlar o dano oxidativo (Li *et al.*, 2017; Cao *et al.*, 2018), assim como, contribui para melhorias na tolerância ao frio durante o armazenamento (Cao *et al.*, 2018; Aghdam *et al.*, 2019), inibe a ação do mofo cinzento, prolongando a vida útil dos frutos e retarda a descoloração da polpa e casca durante o armazenamento (Zhai *et al.*, 2018). Deste modo, o uso da MLT pode ser capaz de promover de forma significativa a preservação pós-colheita. No entanto, torna-se necessário analisar os métodos de tratamento e suas respectivas dosagens conforme cada espécie de frutífera e hortaliças.

1.2.5 Ácido Salicílico (SA)

O ácido salicílico (SA), foi isolado pela primeira vez no ano de 1828, em espécies de salgueiros, o que deu origem ao seu nome, do latim *Salix*. Em 1874, na Alemanha, ocorreu a primeira produção comercial do SA sintético (Raskin, 1992; Arif *et al.*, 2020).

O ácido salicílico ou ácido 2-hidroxibenzóico ($C_7H_6O_3$) é considerado um composto fenólico e possui inúmeras atribuições nas espécies vegetais, por exemplo: atuando como regulador de crescimento; apresentando capacidade antioxidante em plantas vasculares; impulsionando processos fisiológicos, que auxiliam nas atividades enzimáticas, na indução de compostos de defesa e no processo de disponibilidade de nutrientes (Abdelal, 1981; Vazirimehr; Rigi, 2014).

O SA é um fitormônio, que articula de forma eficiente sobre os estresses bióticos e abióticos dos vegetais, auxiliando na capacidade de aperfeiçoar a qualidade e o armazenamento dos frutos (Zhang *et al.*, 2003). Outras ações importantes ocorrem no aumento da firmeza, na intensificação do aroma, na melhora do sabor, na redução das lesões ocasionadas pelo frio, no retardamento do amadurecimento, na alteração do pigmento, na redução do escurecimento dos frutos e na retenção da peroxidação lipídica das membranas, o que o torna um potencial fitormônio para manutenção de qualidade dos frutos (Wang *et al.*, 2022).

A síntese do SA nas plantas ocorre por duas vias enzimáticas diferentes, a via fenilpropanóides, onde o ácido benzoico é convertido em SA pela enzima ácido

benzoico-2-hidroxilase (Kawano; Bouteau, 2013), e pela via do corismato, que é convertido pela enzima sintase do isorismato a isocorismato, sendo transformado em SA pela enzima isocorismato piruvato liase. Após a sua produção, o SA pode ser representado em três formas, glicosilada, metilada ou ambas. Essas representações podem se estruturar conforme o comportamento dos grupos de íons, e podem ser translocadas via floema (Raskin, 1992; Kawano; Bouteau, 2013; Arif *et al.*, 2020).

Por ser uma molécula fenólica, o SA contribui para o desenvolvimento do ciclo fisiológico das plantas e o seu nível nos vegetais é variado, no quesito espécie, órgãos, localização subcelular, e sua concentração efetiva depende do estágio de desenvolvimento e das condições ambientais que está submetida (Arif *et al.*, 2020).

Essa variação motivou inúmeras pesquisas na área, algumas com objetivo de controlar a decomposição e retardar a senescência dos frutos na pós-colheita. Experimentos com uvas de mesa, tangerina (Ennab *et al.*, 2020), goiabas (Fan *et al.*, 2022), tomate (Chavan; Sakhale, 2020), damasco (Batool *et al.*, 2022), pera (Wang *et al.*, 2022) e pêssgo (Yang *et al.*, 2020) já são relatadas na literatura.

1.3 CONCLUSÕES

Existe uma crescente tendência mundial em estudar alternativas inovadoras que amenize as perdas da qualidade na pós-colheita, por meio de métodos que não cause efeitos colaterais na saúde humana. As pesquisas tem buscado técnicas que possam interferir nas propriedades físicas, químicas e bioquímicas das uvas de mesa, a fim de controlar a peroxidação lipídica, diminuir a redução da podridão da ráquis, cachos e bagas, assim como, atuar na manutenção da qualidade nutricional e nos compostos como antocianinas, flavonóis e sólidos solúveis totais.

A perecibilidade das frutas atrai a preocupação dos viticultores em todo o mundo, devido aos prejuízos envolvidos no processo desde o manejo no campo até a comercialização dos frutos. Nesse contexto, a aplicação de substâncias exógenas em diversas frutíferas, em especial em uvas de mesa, tem demonstrado eficácia na ativação das vias de sinalização hormonais e nas vias de defesa, tornando-se uma forma adequada e emergente de pesquisa.

Quando se trata do uso de MLT e SA em uvas de mesa sem semente, em particular a 'BRS Vitória', verifica-se que a MLT é capaz de se tornar um grande potencial agrônômico, por ser um regulador mestre, onde este contribui de forma

substancial na redução de estresses causados pela salinidade, seca, temperaturas intensas, no retardo da senescência, nas fases antogenéticas que envolve o crescimento e diferenciação que decorrer em alterações na função e morfologia das plantas, e deste modo, afetar a vida pós-colheita das frutas. E O SA, por sua vez, demonstrou possuir fundamental importância nos processos fisiológicos relacionados a regulação do crescimento e desenvolvimento das plantas e é considerado um elemento sinalizador de resistência a patógenos, sugerindo um aumento da qualidade das frutas.

No entanto, é essencial uma análise mais profunda sobre a atuação de cada fitohormônio e suas particularidades, dando ênfase nas uvas de mesa sem semente.

REFERÊNCIAS

- ABDELAL, H. R. Acetyl salicylic acid as a promising fungicide for controlling certain fungi. **Egyptian Journal of Phytopathology**, v. 13, n. 1-2, p. 19-22, 1981.
- AGHDAM, A. M. S. JANNATIZADEH, Z. LUO, G. Paliyath Ensuring sufficient intracellular ATP supplying and friendly extracellular ATP signaling attenuates stresses, delays senescence and maintains quality in horticultural crops during postharvest life. **Trends in Food Science & Technology**, v. 76, p. 67-68, 2018.
- AHMAD, I. Z. et al. Food Enzymes in Pharmaceutical Industry: Perspectives and Limitations. In: KUDDUS, M. (Ed.). **Enzymes in Food Technology**. Singapore: Springer, p.41-62, 2018.
- ARIF, Y. et al. Salicylic acid in relation to other phytohormones in plant: A study towards physiology and signal transduction under challenging environment. **Environmental and Experimental Botany**, v. 175, p. 1-19, 2020.
- BATOOL, M. et al. Effect of oxalic acid and salicylic acid treatments on the post-harvest life of temperate grown apricot varieties (*Prunus armeniaca*) during controlled atmosphere storage. **Food Science and Technology International**, v. 28, n. 7, p. 557-569, 2022.
- CAO, S. et al. Melatonin increases chilling tolerance in postharvest peach fruit by alleviating oxidative damage. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 1-11, 2018.
- DE SIMONE, N. et al. Botrytis cinerea and Table Grapes: A Review of the Main Physical, Chemical, and Bio-Based Control Treatments in Post-Harvest. **Foods**, v. 9, n. 9, p. 1-24, 2020.
- DONG, B. et al. Exogenous melatonin maintains quality of postharvest *Rosa roxburghii* fruit by modulating reactive oxygen species metabolism and energy status. **Scientia Horticulturae**, v. 304, p. 111346, 2022.
- DUN-XIAN, TAN. Melatonin and plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, n. 3, p. 625–626, 2015.
- EL-BELTAGI, H. S. et al. Exogenous Postharvest Application of Calcium Chloride and Salicylic Acid to Maintain the Quality of Broccoli Florets. **Plants**, v. 11, n. 1513, p. 1-15, 2022.
- EMBRAPA. Cultivo da Videira: Colheita e pós-colheita. Rio Grande do Sul, 2010. Disponível em:
<http://www.cpatas.embrapa.br:8080/sistema_producao/spuva/colheita.html>
Acesso em: 06 dez. 2022.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Uva e Vinho. Programa de Melhoramento Genético ‘Uvas do Brasil’. Rio Grande do Sul, 2014.

Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/uva-e-vinho/programa-uvas-do-brasil>. Acesso em: 06 dez. 2022.

ENNAB, H. A.; EL-SHEMY, M. A.; ALAM-ELDEIN, S. M. Salicylic acid and putrescine to reduce post-harvest storage problems and maintain quality of murcott mandarin fruit. **Agronomy**, v. 10, n. 1, p. 1-15, 2020.

FAN, S. et al. Melatonin Treatment Improves Postharvest Preservation and Resistance of Guava Fruit (*Psidium guajava* L.). **Foods**, v. 11, n. 3, p. 262, 2022.

FARCUH, M. et al. Hormone balance in a climacteric plum fruit and its non-climacteric bud mutant during ripening. **Plant Science**, v. 280, p. 51-65, 2019.

FENN, M. A.; GIOVANNONI, J. J. Phytohormones in fruit development and maturation. **The Plant Journal**, v. 105, n. 2, p. 446-458, 2021.

GUERRA, I. C. D. et al. The effects of composite coatings containing chitosan and *Mentha* (*piperita* L. or *x villosa* Huds) essential oil on postharvest mold occurrence and quality of table grape cv. Isabella. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 34, p. 112-121, 2016.

GUERRA, I. C. D. et al. The effects of composite coatings containing chitosan and *Mentha* (*piperita* L. or *x villosa* Huds) essential oil on postharvest mold occurrence and quality of table grape cv. Isabella. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 34, p. 112-121, 2016.

HASSAN, H. A.; AL-RAWI, M. M. Grape seeds proanthocyanidin extract as a hepatic-reno-protective agent against gibberellic acid induced oxidative stress and cellular alterations. **Cytotechnology**, v. 65, p. 567-576, 2013.

HATTORI, A.; MIGITAKA, H.; IIGO, M. Identification of melatonin in plants and its effects on plasma melatonin levels and binding to melatonin receptors in vertebrates. **Biochemistry and Molecular Biology International**, v. 35, n. 3, p. 627-634, 1995.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 21 jan. 2023.

JAYARAJAN, S.; SHARMA, R. R. Melatonin: A blooming biomolecule for postharvest management of perishable fruits and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, v. 116, p. 318-328, 2021.

JIANG, Y.; SAM, F. E.; LI, J.; BI, Y.; MAE, T.; ZHANG, B. Pre-Harvest benzothiadiazole spraying promotes the cumulation of phenolic compounds in grapes. **Foods**, v. 11, n. 21, p. 1-16, 2022.

KAWANO, T.; BOUTEAU, F. Salicylic Acid-Induced Local and Long-Distance Signaling Models in Plants. In: BALUŠKA, F. (Ed.) Long-Distance Systemic Signaling

and Communication in Plants. **Signaling and Communication in Plants**, v. 19, p. 23-52, 2013.

KHAN, N. et al. Grape production critical review in the world. **SSRN Electronic Journal**, p. 1-55, 2020.

LI, H. et al. Local melatonin application induces cold tolerance in distant organs of *Citrullus lanatus* L. via long distance transport. **Scientific Reports**, v. 7, n. 40858, p. 1-15, 2017.

LI, L. et al. Influences of Two Plant Growth Regulators on the Fruit Quality of the 'Crimson Seedless' Grapes. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 42, p. 771-779, 2022.

LIANG, D. et al. Exogenous melatonin application delays senescence of kiwi fruit leaves by regulating the antioxidant capacity and biosynthesis of flavonoids. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, p. 1-14, 2018.

LIU, J., YUE, R., SI, M. et al. Effects of Exogenous Application of Melatonin on Quality and Sugar Metabolism in 'Zaosu' Pear Fruit. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 38, p. 1161-1169, 2019.

LIU, Q. et al. Comparison of antioxidant activities of different grape varieties. **Molecules**, v. 23, n. 10, p. 1-17, 2018.

MAGRIS, G. et al. The genomes of 204 *Vitis vinifera* accessions reveal the origin of European wine grapes. **Nature Communications**, v. 12, n. 1, p. 1-12, 2021.

MAIA, J. D. G. et al. 'BRS Núbia': nova cultivar de uva de mesa com sementes e coloração preta uniforme. **Comunicado Técnico da Embrapa Uva e Vinho**, Bento Gonçalves, n. 139, 2013.

MAIA, J. D. G. et al. 'BRS Vitória' – Uva para Mesa, sem Sementes, de Sabor Especial e Tolerante ao Míldio. **Comunicado Técnico da Embrapa Uva e Vinho**, Bento Gonçalves, n. 129, 2016.

MAIA, J. D. G. et al. 'BRS Vitória': nova cultivar de uva de mesa sem sementes com sabor especial e tolerante ao míldio. **Comunicado Técnico da Embrapa Uva e Vinho**, Bento Gonçalves, n. 126, 2012.

MAIA, J. D.; CAMARGO, U. A. O cultivo da videira Niágara Rosada no Brasil. Brasília, DF: Embrapa, 2012.

MELLO, L. M. R.; MACHADO, C. A. E. Vitivinicultura brasileira: panorama 2020. **Comunicado Técnico da Embrapa Uva e Vinho**, Bento Gonçalves, n. 223, 2021.

MELO, L. M. R.; MACHADO, C. A. E. Vitivinicultura brasileira: panorama 2019. **Comunicado Técnico da Embrapa Uva e Vinho**, Bento Gonçalves, n. 214, jul. 2020.

MOHAMAD, A. A.; AL-ZEHOURI, J. The effect of the boiling process on the oxalic acid content of some vegetables in the Syrian local market. **Pharmacy and Technology Research Journal**, v. 14, n. 10, p. 5341-5344, 2021.

MOURA, M. F.; HERNANDES, J. L.; JÚNIOR, M. P. Uvas de interesse econômico para vinificação e consumo in natura. **Revista Visão Agrícola**, n. 14, p. 8-14, 2021.

OLIVEIRA, G. L. et al. Genetic structure and molecular diversity of Brazilian grapevine germplasm: Management and use in breeding programs. **Plos One**, v. 15, n. 10, p. 1-26, 2020.

PARIHAR, S.; SHARMA, D. A Breif Overview on Vitis vinifera. **Scholars Academic Journal of Pharmacy**, v. 10, n. 12, p. 231–239, 2021.

PEARSON, H. M. Parthenocarpy and seedless in Vitis vinifera. **Science**, v. 76, n. 1982, p. 594, 1932.

PEZZUTO, J. M. Grapes and human health: A perspective. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 16, p. 6777-6784, 2008.

RANJBARAN, E. et al. Effect of salicylic acid on storage life and postharvest quality of grape (Vitis vinifera L. cv “Bidaneh safi”). **Journal of the Faculty of Agriculture**, v. 56, n. 2, p. 263-269, 2011.

RANJBARAN, E. SARIKHANI, H. WAKANA A and BAKHSHI D. Effect of salicylic acid on storage life and postharvest quality of grape (Vitis vinifera L. cv “Bidaneh safi”). **Journal of the Faculty of Agriculture**, v. 56, n. 2, p. 263–269, 2011.

RASKIN, I. Role of salicylic acid in plants. Annu. Rev. of Plant Physiol. **Plant Mol. Biol.**, v. 43, n. 1, p. 439-463, 1992.

RITSCHER, P. S. et al. ‘BRS Isis’ Nova cultivar de uva de mesa vermelha, sem sementes e tolerante ao míldio. **Comunicado Técnico da Embrapa Uva e Vinho**, Bento Gonçalves, n. 143, 2013.

RITSCHER, P.; SEBBEN, S. de S. Embrapa Uva e Vinho: novas cultivares brasileiras de uva. Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, 2010.

RUI, Z. et al. Melatonin limited ethylene production, softening and reduced physiology disorder in pear (Pyrus communis L.) fruit during senescence. **Postharvest Biology and Technology**, v. 139, n. 45, p. 38-46, 2018.

SOUZA, R. T. et al. Frequency of fungicide application for controlling downy mildew in seedless grape plant ‘BRS Vitória’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 3, p. 1-7, 2018.

TAN, D. X.; REITER, R. J. An evolutionary view of melatonin synthesis and metabolism related to its biological functions in plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 71, n. 16, p. 4677-4689, 2020.

TARINEJAD, A. R.; AMIRI, S. Influence of plant growth regulators, carbohydrate source and concentration on micropropagation and other physiological traits of grape (*Vitis vinifera* L. cv. Shahroudi) under in vitro conditions. **Journal of Plant Physiology and Breeding**, v. 9, n. 1, p. 75-82, 2019.

TEIXEIRA, A. et al. Natural bioactive compounds from winery by-products as health promoters: A review. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 15, n. 9, p. 15638- 15678, 2014.

VAZIRIMEHR, M. R.; RIGI, K. Effect of salicylic acid in agriculture. **International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences**, v. 4, n. 2, p. 291-296, 2014.

WALKER, A. et al. Grape Taxonomy and Germplasm. In: CANTU, D., WALKER, M. (Eds.). The Grape Genome. **Compêndio de Genomas Vegetais**. Springer, Cham, p. 25-38, 2019.

WANG, J. et al. The effects of salicylic acid on quality control of horticultural commodities. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v. 50, n. 2-3, p. 99-117, 2022.

WANG, L. et al. Role of exogenous melatonin in table grapes: First evidence on contribution to the phenolics-oriented response. **Food Chemistry**, v. 329, p. 1-9, 2020.

XIANG, Q. et al. Microbial inactivation and quality of grapes treated by plasma-activated water combined with mild heat. **Food Science and Technology**, v. 126, p. 1-7, 2020.

YANG, J.; MARTINSON, T. E.; LIU, R. H. Phytochemical profiles and antioxidant activities of wine grapes. **Food Chem**, v. 116, n. 1, p. 332–339, 2009.

ZHANG, Z. et al. Nitric oxide treatment maintains postharvest quality of table grapes by mitigation of oxidative damage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 152, p. 9-18, 2019.

ZILIO, R. A. et al. Cultivo protegido das uvas de mesa sem sementes ‘BRS Vitória’ e ‘BRS Isis’ na região da Serra Gaúcha. **Circular Técnico da Embrapa Uva e Vinho**, Bento Gonçalves, n. 143, 2019.

CAPÍTULO 2

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE UVAS 'BRS VITÓRIA' CULTIVADAS EM CLIMA SUBTROPICAL²

RESUMO – Considerando o contínuo crescimento dos pomares de videiras em novas regiões e a necessidade de ampliar a oferta de uvas de mesa cultivadas em ambientes subtropicais, 'BRS Vitória' emerge como uma alternativa altamente atrativa. Esta cultivar se destaca por sua resistência e capacidade de adaptação a diversas condições climáticas. O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho agrônomo e produtivo da 'BRS Vitória' em um ambiente subtropical. Foram examinados frutos provenientes de 32 plantas, levando em consideração as características físicas do cacho, das bagas e do engaço, bem como o teor de sólidos solúveis totais (SST) e a acidez titulável (AT). Os resultados mostraram que 'BRS Vitória' demonstra um ciclo fenológico de 156 dias, desde a poda até a colheita, classificando-a como cultivar de ciclo médio. Alcançou uma produtividade de 36,87 t/ha, com cachos de tamanho médio e frutos redondos de coloração preta. Além disso, os níveis de SST e AT contribuem para um sabor agradável e frutado dos frutos. Com base nos resultados desta pesquisa, é possível considerar a 'BRS Vitória' como uma escolha promissora para a viticultura subtropical no Brasil.

Palavras-Chave: Desempenho agrônomo, Ciclo fenológico, Produtividade, Viticultura.

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE UVAS 'BRS VITÓRIA' CULTIVADAS EN CLIMA SUBTROPICAL

RESUMEN – Considerando el continuo crecimiento de los viñedos en nuevas regiones y la necesidad de ampliar la oferta de uvas de mesa cultivadas en ambientes subtropicales, 'BRS Vitória' se presenta como una alternativa sumamente atractiva. Esta variedad se distingue por su resistencia y capacidad de adaptación a diversas condiciones climáticas. El objetivo de este estudio fue evaluar el rendimiento agronómico y productivo de 'BRS Vitória' en un entorno subtropical. Se examinaron

² REVISTA IBEROAMERICANA DE TECNOLOGÍA POSTCOSECHA, 2023, vol. 24, núm. 2, JULIO-DICIEMBRE, ISSN: 1665-0204

frutos provenientes de 32 plantas, teniendo en cuenta las características físicas del racimo, las bayas y el pedúnculo, así como el contenido de sólidos solubles totales (SST) y la acidez titulable (AT). Los resultados indicaron que 'BRS Vitória' presenta un ciclo fenológico de 156 días, desde la poda hasta la cosecha, clasificándola como una variedad de ciclo medio. Logró una productividad de 36,87 t/ha, con racimos de tamaño medio y frutas redondas de coloración negra. Además, los niveles de SST y AT contribuyen a un sabor agradable y frutado de las frutas. Basándonos en los resultados de esta investigación, es posible considerar a 'BRS Vitória' como una elección prometedora para la viticultura subtropical en Brasil.

Palabras clave: Desempeño agronómico, Ciclo fenológico, Productividad, Viticultura.

PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF 'BRS VITÓRIA' GRAPES GROWN IN A SUBTROPICAL CLIMATE

ABSTRACT – Considering the continuous growth of vine orchards in new regions and the need to expand the supply of table grapes cultivated in subtropical environments, 'BRS Vitória' emerges as a highly attractive alternative. This cultivar stands out for its resistance and adaptability to various climatic conditions. The objective of this study was to evaluate the agronomic and productive performance of 'BRS Vitória' in a subtropical environment. Fruits from 32 plants were examined, taking into account the physical characteristics of the cluster, berries, and stem, as well as the content of total soluble solids (TSS) and titratable acidity (TA). The results showed that 'BRS Vitória' exhibits a phenological cycle of 156 days, from pruning to harvest, classifying it as a medium-cycle cultivar. It achieved a productivity of 36.87 t/ha, with medium-sized clusters and round fruits of black coloration. Furthermore, the levels of TSS and TA contribute to a pleasant and fruity flavor of the fruits. Based on the results of this research, it is possible to consider 'BRS Vitória' as a promising choice for subtropical viticulture in Brazil.

Key-words: Agronomic performance, Phenological cycle, Productivity, Viticulture.

2.1 INTRODUÇÃO

A viticultura, ou o cultivo da videira, desempenha um papel de significativa relevância na agricultura e na economia do país. Os primeiros cultivos de videira no Brasil datam do período colonial, quando os pioneiros colonizadores introduziram as vinhas visando a produção de vinhos. No entanto, apenas nas últimas décadas, a viticultura ganhou destaque notável, com um foco crescente na produção de uvas sem sementes, conhecidas como uvas apirênicas (COLOMBO *et al.*, 2021).

As uvas apirênicas, caracterizadas pela ausência de sementes, têm conquistado uma considerável popularidade no mercado brasileiro devido à sua doçura, sabor e praticidade para o consumo (LEÃO *et al.*, 2020). Além de serem apreciadas como frutas frescas, essas uvas são frequentemente utilizadas na produção de sucos, vinhos, geleias e outros produtos. A crescente demanda por uvas apirênicas tem estimulado a expansão as áreas de cultivo de videiras no Brasil, com um foco especial na produção dessas variedades (COLOMBO *et al.*, 2021; LEÃO *et al.*, 2020).

Para os produtores, é de grande interesse o cultivo de cultivares apirênicas que apresentem alta fecundidade natural de gemas, juntamente com atributos físicos e químicos que atendam às exigências do mercado internacional (MAIA *et al.*, 2012, 2014). Nesse contexto, a cultivar 'BRS Vitória', lançada em 2012, tem demonstrado um desempenho agrônomo excelente desde os primeiros anos de cultivo, apresentando um ciclo precoce, alta fertilidade de gemas e a capacidade de produzir até dois cachos por ramo em condições climáticas tropicais (MAIA *et al.*, 2012; RITSCHER *et al.*, 2013).

'BRS Vitória' apresenta rendimentos elevados que podem exceder 30 t/ha em regiões tropicais, entretanto, mostra boa adaptação à variação climática, com alta performance, isto é, atingindo produtividade entre 25 a 30 t/ha (RITSCHER *et al.*, 2015). Além disso, demonstra boa tolerância à quebra (fissura) dos frutos, o que permite o transporte dos cachos por maiores distâncias. Das características físicas, a cultivar apresenta frutos esféricos de coloração preto-azulada, com casca espessa e resistente, polpa incolor, levemente firme e sabor aframboesado e agradável (LEÃO *et al.*, 2019; MAIA *et al.*, 2014).

O cultivo da 'BRS Vitória' já está bem estabelecido nas regiões tropicais do Brasil, com destaque para a região do Vale São Francisco (LEÃO *et al.*, 2020). Entretanto, poucos estudos relacionam o cultivo em regiões subtropicais. Dessa forma, o objetivo

deste estudo foi caracterizar o comportamento agrônomo e produtivo da 'BRS Vitória' em clima subtropical, fornecendo informações sobre o ciclo fenológico e a mudança de coloração.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Material vegetal e desenho de pesquisa experimental

O experimento em campo foi conduzido no ciclo produtivo de 2022 (22°46"S, 48°34"W e 773 m de altitude), em videiras 'BRS Vitória' (cruzamento entre 'CNPUV 681-29' ['Arkansas 1976' x 'CNPUV 147-3' ('Niágara Branca' x 'Vênus')] x 'BRS Linda') enxertada sobre o porta-enxerto 'IAC 766 Campinas' (Riparia do Traviú x *Vitis caribaea*), espaçadas 2,0 × 3,0 m e conduzidas em sistema de Open Gable ou condução 'Y', com densidade média de plantio de 1.666 plantas ha⁻¹.

De acordo com a Embrapa (2018), o solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho (equivalente ao Oxisols, taxonomia de solo do USDA). O clima da região é classificado como Cfa (Köppen), isto é, subtropical com verões quentes. Entre julho a dezembro, a temperatura mínima foi de 16,1 °C e a máxima de 27,7 °C e durante a maturação, a temperatura variou entre 17,8 a 29,9 °C, com precipitação acumulada de 124,4 mm no período de janeiro a dezembro de 2022 (Figura 1).

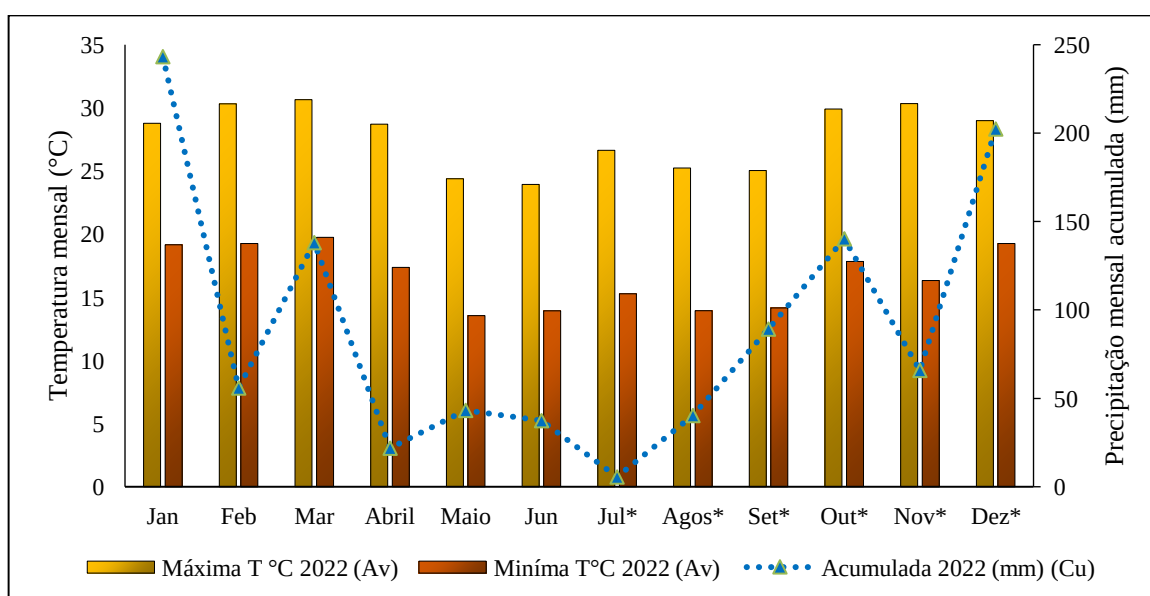


FIGURA 1

Dados meteorológicos mensais do campo Experimental de São Manuel referente ao ciclo produtivo da 'BRS Vitória' (2022).

Os manejos culturais, como adubação, reguladores vegetais, desbrota, desfolha, desponde de ramos e desponde de cachos, assim como o controle fitossanitário, foram feitos de acordo com as recomendações propostas por Maia *et al.* (2016), em oito blocos, com 32 plantas (4 plantas por bloco). Para determinar o ponto de colheita das uvas, uma avaliação semanal foi conduzida para realização da curva de maturação. As análises iniciaram-se aos 135 dias após a poda de produção (DAP), isto é, após a mudança de cor (*Veraison*), com intervalos de sete dias até os 156 DAP (colheita).

Os cachos foram colhidos após atingirem o estágio de maturação fisiológica, estando isentos de danos mecânicos, distúrbios ou infestações por pragas, seguindo critérios de conformidade quanto à forma, dimensão, coloração e peso. Para a determinação da curva de maturação foram realizadas nos cachos análises físicas (comprimento, largura e peso) e químicas (pH, acidez titulável, sólidos solúveis e índice de maturação) e no engaço, foram analisados o peso, largura e comprimento. No momento da colheita, avaliou-se a produção (kg/planta) e a produtividade (t/ha).

O material foi transportado sob refrigeração em caixas de papelão sem tampa para o laboratório de pós-colheita da Universidade Estadual Paulista (UNESP) no Departamento de Ciências Químicas e Biológicas, localizado no Câmpus de Botucatu, São Paulo, Brasil.

2.2.2 Caracterização

2.2.2.1 Análise física do cacho, baga e engaço

As características físicas de cachos, bagas e engaço foram avaliadas em função das massas (g), aferida em balança de precisão analítica (0,01 g) e em função do comprimento (cm) e da largura (cm), aferidos utilizando uma régua graduada e paquímetro.

Foram ainda selecionados 10 cachos por parcela e de cada cacho foram coletadas 10 bagas, totalizando 100 bagas por parcela, para contagem de número de bagas por cachos.

2.2.2.2 Sólidos solúveis, pH, acidez titulável e ratio

Para análise físico-química das uvas foram utilizados dois cachos de cada parcela e extraídos 6 bagas de cada cluster, das porções superior, média e inferior, totalizando

12 bagas. O teor de sólidos solúveis (SS) foi determinado por refratometria, utilizando refratômetro digital portátil (Modelo PAL-1, ATAGO, Brasil) e os resultados foram expressos em °Brix. A acidez titulável (AT) foi realizada de acordo com IAL (2008), isto é, 1 mL de amostra homogeneizada foi diluído em 100 mL de água deionizada, seguida de titulação com solução padronizada de NaOH 0,1N, empregando pH 8,2 como ponto final da titulação, e os resultados foram expressos em g do ácido tartárico por 100 g e o pH foi determinado pela leitura direta do mosto em potenciômetro (AOAC, 2005).

2.2.3 Análise estatística

Para a análise dos dados de maturação foi usada regressão linear. Os resultados das análises físicas e químicas foram expressos em média $\pm$ desvio padrão e foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade de variâncias com auxílio do software INFOSTAT (Versão 2020).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação as características físicas, 'BRS Vitória' (Figura 2) apresentou todas as características comuns a cultivar, ou seja, tamanho do cacho, baga e engajo. Nas condições edafoclimáticas da região de cultivo do Estado de São Paulo (subtropical), as uvas se desenvolveram conforme a descrição da cultivar, indicando ser uma região propícia para a produção dessa. A colheita dos frutos ocorreu aos 156 DAP (Figura 3). De acordo com Maia *et al.* (2012), as uvas 'BRS Vitória' foram testadas em várias regiões, como como Norte do Paraná (135 dias), Centro de São Paulo (135 dias), Noroeste de São Paulo (125 dias), Norte de Minas Gerais (110 dias) e Vale do Submédio do São Francisco (95 dias) (MAIA *et al.*, 2012), mostrando-se mais longo do que o observado em outras regiões. Na mesma região do estudo, Calilli *et al.* (2023) demonstraram que o ciclo pode variar entre 131,1 à 143,4 DAP em função do porta-enxerto usado e do clima na época do cultivo. No entanto, na região edafoclimática de estudo (22°46"S, 48°34"W e 773 m de altitude), outras cultivares como Cabernet Sauvignon, Syrah, Cabernet Franc, Merlot, and Sauvignon Blanc, também apresentaram ciclo fenológico diferenciado (TECCHIO *et al.*, 2022; DA SILVA *et al.*, 2018).

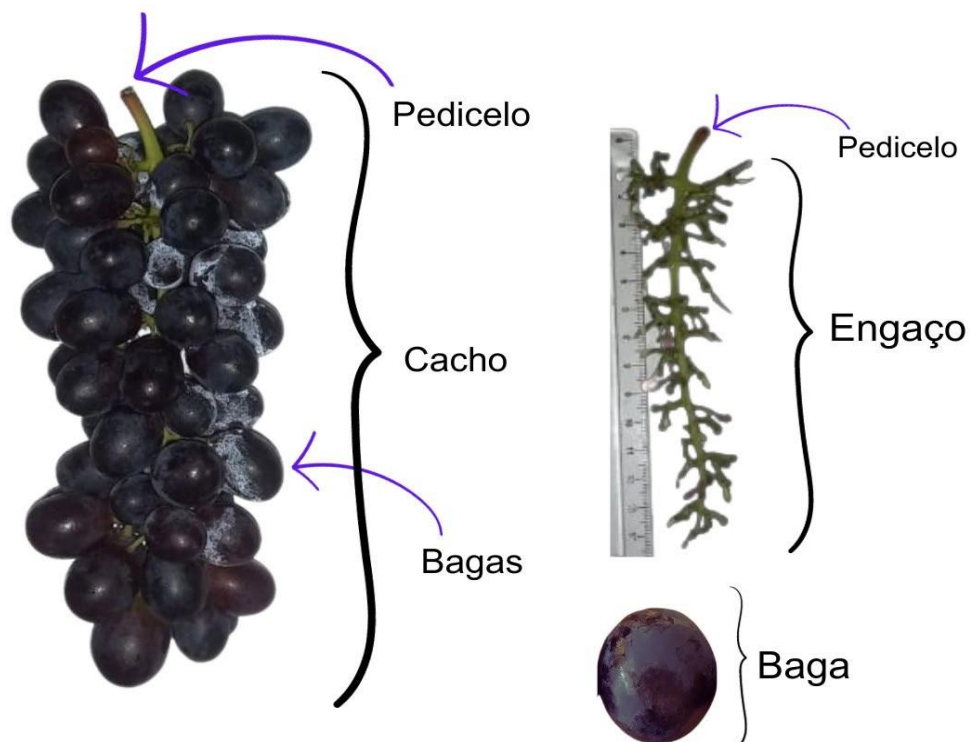


FIGURA 2

Estrutura física do cacho, engaço e baga de uvas 'BRS Vitória', cultivada no período de 2022.



FIGURA 3

Avaliação do ponto de colheita das uvas 'BRS Vitória', durante o ciclo produtivo de 2022, 121 dias após a poda de produção (A), com intervalos de 7 dias (B) e (C) até os 158 dias após a poda (D).

2.3.1 Análise física do bagas, engaçõ e cachos

A produção média por planta foi de 22,13 kg/planta e a produtividade de

36,87 t/ha (Tabela 1), o que pode ser considerado satisfatório, visto que trata-se do primeiro ciclo da planta no local. De acordo com Ritschel *et al.* (2015), a produtividade da 'BRS Vitória' pode atingir entre 25 a 30 t/ha. Os cachos apresentaram 339,60 g, com comprimento de 12,68 cm e largura 5,65 cm (Tabela 1), médias características da cultivar. Os valores relacionados ao peso do cacho são similares ao reportado por Colombo *et al.* (2021) em uvas 'BRS Vitória' cultivadas na região Sul do Brasil (23° 29' S, 51°47' W) (Cfa).

O número de bagas na 'BRS Vitória' cultivada na região subtropical foi de 111 bagas, demonstrando a eficiência da produção e consequente aceitação por parte dos consumidores na aquisição da fruta. Quanto ao engajo, verificou-se massa média de 3,76 g, medindo em média 8,36 cm de comprimento e 3,55 cm de largura (Tabela 1). O número de bagas, bem como a distribuição nos cachos se inserem na classificação "medium loose" e "very dense" (Figura 4) (ROBERTO *et al.*, 2015).

TABELA 1.
Análise física dos cachos, engajo e bagas de uvas 'BRS Vitória', produzidas no período de 2022.

Análise física	Cachos	Engajo	Bagas
Número de bagas	-	-	111,00 ± 13,00
Massa fresca (g)	339,60 ± 51,53*	3,76 ± 1,02	2,69 ± 0,67
Comprimento (cm)	12,68 ± 1,61	8,36 ± 1,16	2,19 ± 0,27
Largura (cm)	5,65 ± 0,88	3,55 ± 1,19	1,53 ± 0,15
Produção (Kg/planta)	22,13		
Produtividade (T/ha)	36,87		

*Os valores foram expressos através da média ± desvio padrão (n = 32).



FIGURA 4

Classificação dos cachos em “*medium loose*” (A) e “*very dense*” (B) de uva ‘BRS Vitória’ cultivada no período de 2022.

2.3.2 Curva de maturação

A ‘BRS Vitoria’ teve início da brotação com 16 DAP. Para a floração, a média para o início foi aos 37 DAP e a frutificação com média de 48 DAP. No período da maturação, o início foi aos 135 dias, com duração de 21 dias, onde foi realizada a colheita com base nas características químicas, sendo a caracterização da maturação avaliada semanalmente, desde o *veraison* até a plena maturação (28 DAP).

A evolução da acidez titulável, pH, sólidos solúveis e ratio podem ser observados na Figura 5. No geral, observou-se comportamento similar após sete dias de *veraison* para a colheita em relação a acidez titulável, que apresentou valores entre 0,8 a 1,2%, o que possivelmente pode estar relacionado a composição do fruto, a presença de ácidos orgânicos e o tamanho da baga (CALLILI *et al.*, 2023). Colombo *et al.* (2021) afirmam que valores reduzidos de acidez titulável contribuem para o aumento do índice de maturação.

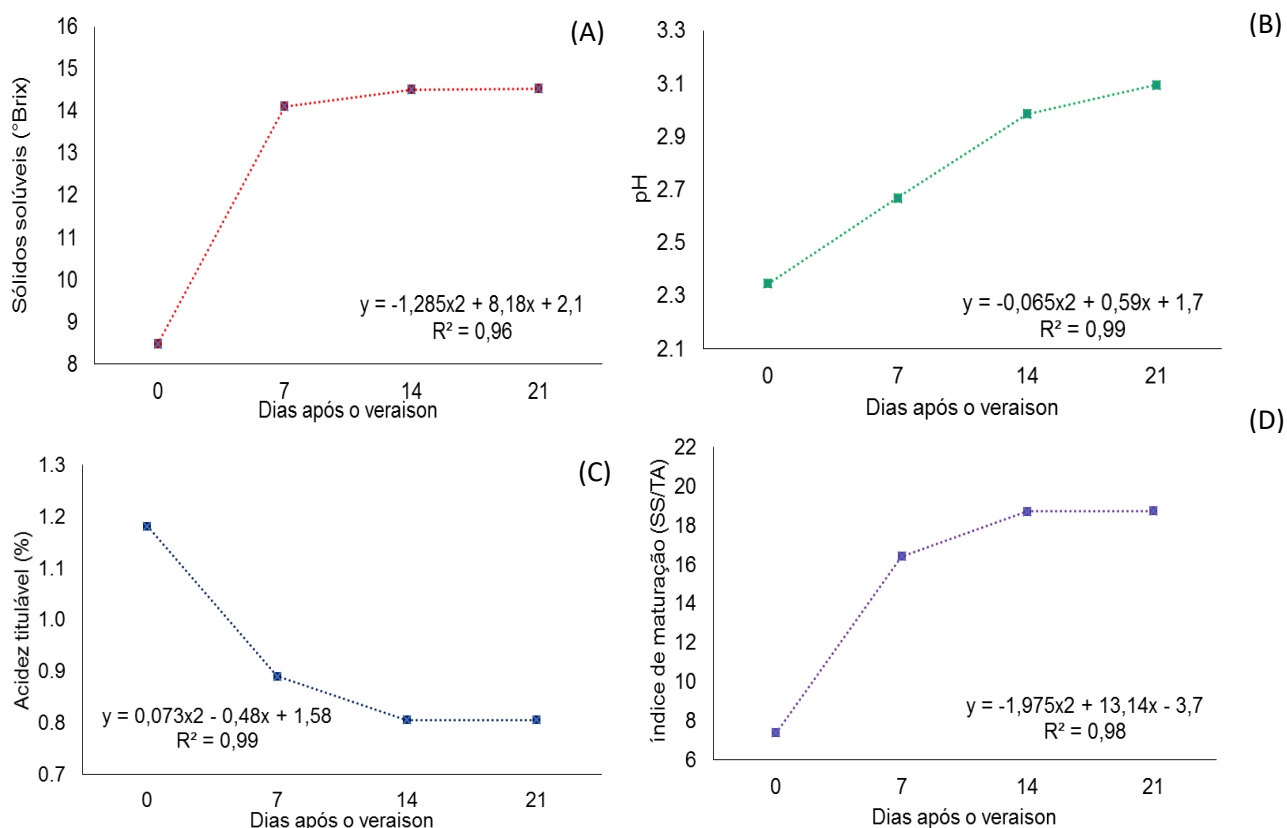


FIGURA 5

Evolução dos sólidos solúveis (A), pH (B), acidez titulável (C) e índice de maturação (D) da uva 'BRS Vitória' cultivada no período de 2022.

À medida que ocorreu uma modificação da cor característica das uvas (Figura 5), observou-se aumento no teor de sólidos solúveis de 8 °Brix no primeiro dia da *veraison* para 14 °Brix no 7º dia da *veraison*. De acordo com o MAPA (2002), as uvas de mesa devem apresentar 14 °Brix para serem colhidas. A variação de valores relacionado ao teor de sólidos solúveis pode estar relacionado a diferentes épocas do ano, práticas culturais e ao manejo dos cachos (COLOMBO *et al.*, 2021). Os valores observados neste trabalho (em torno de 14 °Brix) são considerados adequados para aceitação pelo consumidor e comercialização dessa cultivar de uva.

Em relação aos valores de pH, observou-se aumento no período de 7 a 28 dias de avaliação (Figura 4), o que era esperado, pois durante a maturação ocorre a liberação de ácidos orgânicos, aumento do metabolismo respiratório, bem como, de minerais da película para o mosto, influenciando nos valores de pH.

2.4 CONCLUSÕES

‘BRS Vitória’ apresentou ciclo fenológico de 156 dias da poda à colheita, caracterizada como cultivar de ciclo médio. No ciclo anual de 2022, aos 135 DAP ocorreu a mudança de coloração (*veraison*) e alcançou a produtividade de 36,87 t/ha. ‘BRS Vitória’ se consolida como uma cultivar viável devido a sua adaptabilidade ao clima subtropical.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (307571/2019-0 e 201218/2020-8) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (001) (88887.669927/2022-001).

REFERÊNCIAS

- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. 2005. **Official Methods of analysis of AOAC International**. 18. ed. Washington: AOAC.
- Callili, D. et al. 2023. Phenology, thermal demand, and maturation development of the 'BRS Vitória' grape cultivated on different rootstocks in subtropical conditions. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 45, p. e-999.
- Colombo, R. C. et al. 2021. Characterization of the phenolic ripening development of 'BRS Vitoria' seedless table grapes using HPLC–DAD–ESI-MS/MS. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 95, p. 103693, jan.
- Da Silva, M.J.C. et al. 2018. Yield performance of new juice grape varieties grafted onto different rootstocks under tropical conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 241, p. 194-200.
- Instituto Adolfo Lutz. 2008. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1020p.
- Leão, P. C. S. et al. 2019. 'BRS Vitória': a new seedless table-grape cultivar for the São Francisco Valley, northeast Brazil. **Acta Horticulturae**, n. 1248, p. 275–280.
- Leão, P.C.S. et al. 2020. Rootstocks for the new seedless table grape 'BRS Vitória' under tropical semi-arid conditions of São Francisco Valley. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 44, p. e025119.
- Maia, J. D. G. et al. 2012. 'BRS Vitória': Nova cultivar de uva de mesa sem sementes, com sabor especial e tolerante ao míldio". **Comunicado Técnico 126** ISSN 1516-8093. Bento Gonçalves, RS. 2013.
- Maia, J. D. G. et al. 2014. 'BRS Vitória' – a novel seedless table grape cultivar exhibiting. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. v.14: 204-206.
- Maia, J. D. G. et al. 2016. 'BRS Vitória' – Uva para mesa, sem sementes, de sabor especial e tolerante ao míldio recomendações agronômicas para a região de Campinas, São Paulo. **Circular Técnica 129** ISSN 1516-5914. Bento Gonçalves, RS.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2002. Lei nº 9.972, de 25 de maio de 2000. Dispõe sobre características de Identidade e de Qualidade para fins de classificação da Uva Fina de Mesa destinada ao consumo in natura.
- Moura, M. F. et al. 2021. Uvas de interesse econômico para vinificação e consumo in natura. **Visão agrícola**, nº14, 8-13.
- Ritschel, P. et al. 2013. 'BRS Isis' nova cultivar de uva de mesa vermelha, sem sementes e tolerante ao míldio. **Comunicado Técnico 143** ISSN 1516-8093 Bento Gonçalves, RS.

Roberto, S. R. et al. 2015. Berry-cluster thinning to prevent bunch compactness of 'BRS Vitoria', a new black seedless grape. **Scientia Horticulturae**, v. 197, p. 297–303, dez.

Souza, R. T. de et al. 2018. Frequency of fungicide application for controlling downy mildew in seedless grape plant 'BRS Vitória'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, p. 1-7.

Tecchio, M.A. et al. 2022. Yield performance and quality of wine grapes (*Vitis vinifera*) grafted onto different rootstocks under subtropical conditions. **Bragantia**, v. 81, e1622, 2022.

Zilio, R. et al. Cultivo protegido das uvas de mesa sem sementes 'BRS Vitória' e 'BRS Isis' na região da Serra Gaúcha. n. 1a, **Circular Técnica 143** ISSN 1808-6810. Bento Gonçalves, RS.

CAPÍTULO 3

MELATONINA E ÁCIDO SALICÍLICO: ESTRATÉGIAS PROMISSORAS PARA CONSERVAÇÃO DA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE UVAS 'BRS VITÓRIA'

RESUMO – A vida pós-colheita das uvas de mesa é geralmente encurtada pelo amolecimento dos frutos, queda das bagas, ataque de fitopatogenos, além da perda da qualidade nutricional e bioquímica. Tanto o ácido salicílico, como melatonina, tem sido descritos como antioxidantes, mantendo a qualidade pós-colheita, além de serem substâncias seguras para uso em alimentos de origem vegetal. O objetivo deste estudo foi verificar se a aplicação pré-colheita de melatonina e/ou ácido salicílico poderia manter a qualidade de uvas de mesa 'BRS Vitória' armazenadas sob refrigeração, bem como analisar o conteúdo de (poli)fenóis individuais no fruto. Os cachos foram tratados na pré-colheita com melatonina (0.02; 0.05 e 0.1 mmol L⁻¹) e/ou ácido salicílico (1.0 mmol L⁻¹). Entre os tratamentos, melatonina aliada ou não ao ácido salicílico diminuiu a perda de massa, a incidência de podridão e a queda das bagas. Doses abaixo de 0.1 mmol L⁻¹ de melatonina foram eficazes em manter o conteúdo de sólidos solúveis, acidez titulável e o ratio. Esses tratamentos também promoveram o aumento da vida de prateleira e melhoria no conteúdo de (poli)fenóis. Melatonina (0.02 mmol L⁻¹) aliada ou não ao ácido salicílico pode ser utilizada como uma estratégia eficaz para manter a qualidade das uvas de mesa.

Palavras-chave: Qualidade nutricional, tecnologia de manuseio, compostos fenólicos, antioxidante.

3.1 INTRODUÇÃO

A uva é um fruto não climatérico, da família *Vitaceae* e é cultivada mundialmente. De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), a produção mundial de uvas em 2022 foi de 73,5 milhões de toneladas e o Brasil foi responsável por 1.450.805 toneladas, o que corresponde em média a 1,9% da produção mundial, colhidas em 74,8 mil hectares, conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022).

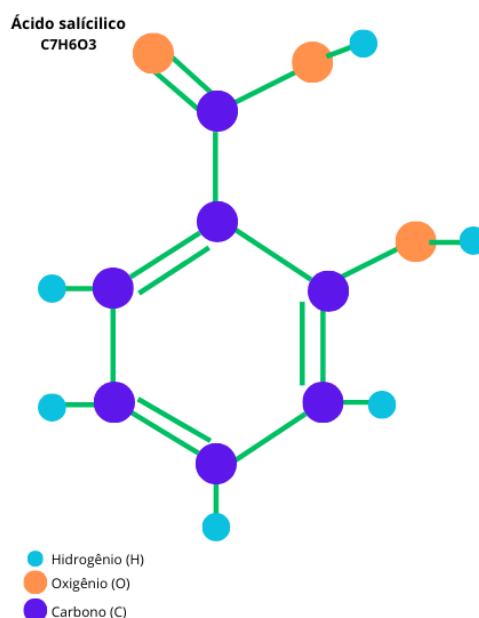
A medida que a competição no mercado de frutas se intensifica, os consumidores passam a demandar padrões de qualidade superiores. Especificamente no contexto das uvas de mesa, o interesse crescente dos produtores e exportadores tem sido direcionado à qualidade do produto, influenciado pela percepção dos consumidores e pelas flutuações de preço no mercado de frutas (Feng *et al.*, 2021). Desta forma, os viticultores de uvas de mesa estão continuamente explorando novas metodologias para preservar a integridade visual dos cachos e a qualidade de uvas após a colheita. Em determinadas regiões, os vinhedos encontram-se distanciados dos centros de comercialização, tornando imprescindível a adoção de tecnologias inovadoras que visem retardar ou inibir as alterações que ocorrem durante o armazenamento prolongado (Singh *et al.*, 2022).

O aumento da conscientização dos produtores e consumidores sobre os riscos potenciais dos tratamentos químicos utilizados no armazenamento pós-colheita tem impulsionado o desenvolvimento de técnicas seguras para evitar o desperdício e a contaminação de produtos hortícolas, como armazenamento refrigerado, embalagens inteligentes, reguladores de crescimento (Li *et al.*, 2022), pulverização pré-colheita (Gomes *et al.*, 2021), entre outros. No entanto, o período de armazenamento da uva de mesa é restrito sob certas condições de temperatura, resultando em depreciação do valor comercial na ausência de procedimentos de preservação adequada. Assim, diferentes tratamentos pré-colheita combinados com armazenamento têm sido utilizados para manter a qualidade da uva de mesa.

No âmbito da inovação em pós-colheita, a melatonina (M) e o ácido salicílico (AS) são considerados reguladores de crescimento envolvidos na sinalização e regulação de inúmeros processos metabólicos, sendo esses promissores para prolongar a qualidade e manter a vida de prateleira (Pérez-Illorca *et al.*, 2019). O ácido salicílico (Figura 1) é um composto fenólico encontrado naturalmente em diversas

plantas e sua eficácia tem sido reportada na literatura. A aplicação pré-colheita via pulverização de AS em morangos, por exemplo, resultou em maiores teores de ácido ascórbico, compostos fenólicos e antocianinas no final do período de armazenamento (Darwish *et al.*, 2021). A imersão de mamão em AS diminuiu a perda de peso, assim como, a taxa de apodrecimento e manutenção da qualidade dos frutos (Hanif *et al.*, 2020). Além disso, AS em uvas de mesa, promoveu o aumento nos teores de sólidos solúveis totais, aumento significativo no peso das bagas e no conteúdo total de antocianinas, bem como, realçou os aromas (Gomes *et al.*, 2021; Yue *et al.*, 2023).

Figura 1 – Estrutura química do ácido salicílico

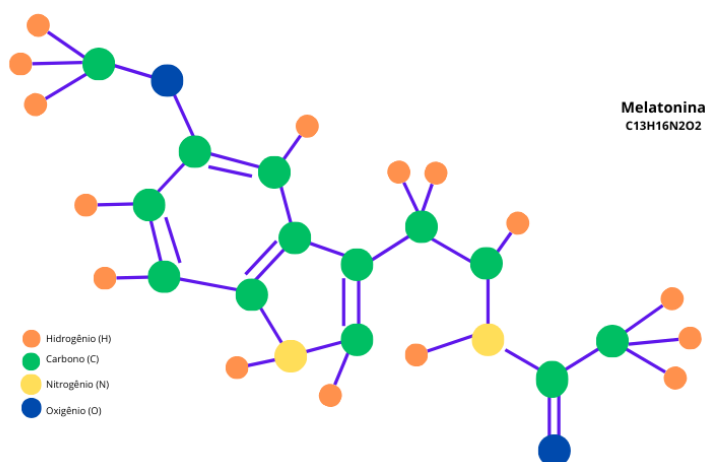


Fonte: Modelo adaptado de Ayatollahi *et al.* (2013).

A melatonina (M) (Figura 2), por sua vez, é uma molécula pleiotrópica, considerada uma amina biogênica com ampla atuação em processos celulares e fisiológicos, não somente em animais, mas também tem sido reconhecida por possibilitar a preservação pós-colheita (Xu; Chen; Kang, 2019), diminuir a podridão e a perda de peso (Chen *et al.*, 2020), reduzir o dano oxidativo (Cao *et al.*, 2018), manter a firmeza (Gao *et al.*, 2018) e colaborar com a atividade antioxidante (Liang *et al.*, 2018). Uvas de mesa “Muscat Hamburg” tratadas com melatonina apresentaram redução efetiva no desenvolvimento do mofo cinzento, aumento dos fenólicos e flavonoides totais e atividade antioxidante (Li *et al.*, 2022). Xia *et al.* (2021) verificaram aumento no conteúdo de sólidos solúveis e antocianinas. Nasser *et al.* (2022)

destacam que houve manutenção dos níveis de sólidos solúveis e do conteúdo de água, bem como, menor perda de firmeza das bagas em uvas de mesa sem sementes ‘carmesim’ após a aplicação 100 μmol de melatonina. Essas características também foram descritas por Sun *et al.* (2020), ao tratar uvas ‘Fengzao’. Os autores afirmam que esse processo é eficiente, seguro e acessível, pois atrasa a senescência, mantém a firmeza das bagas e os sólidos solúveis, bem como, a qualidade da fruta.

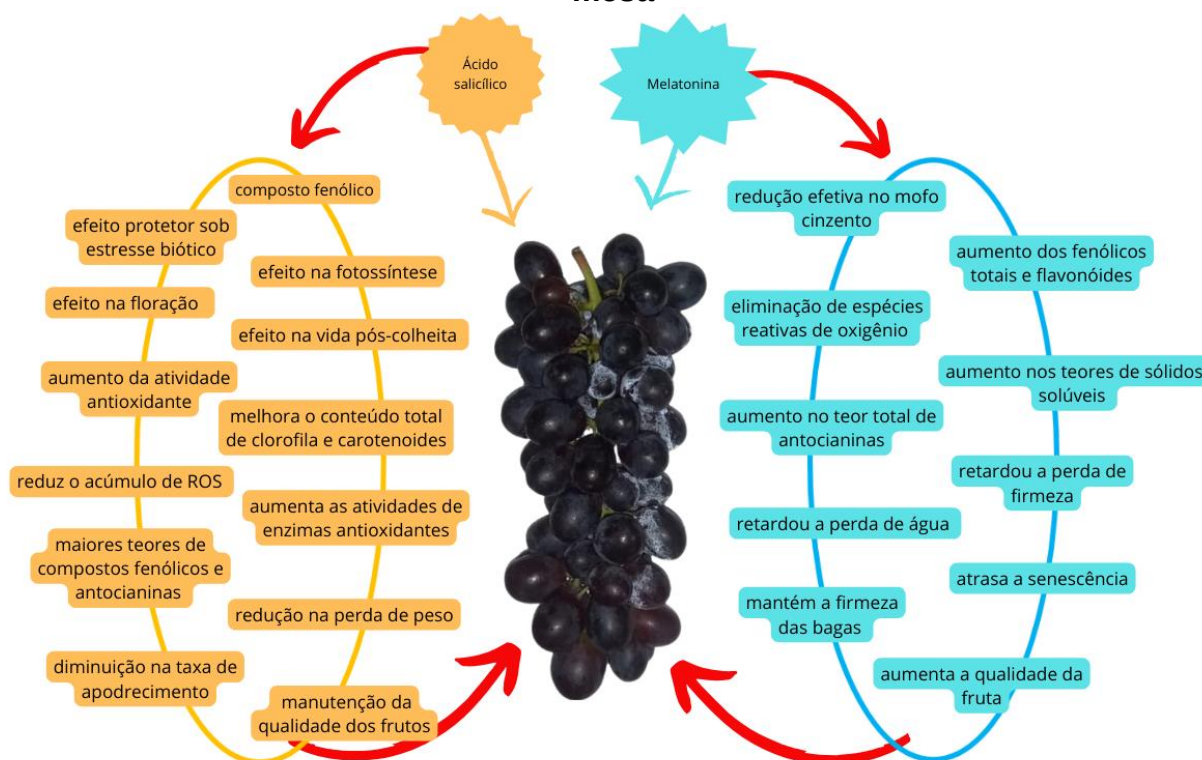
Figura 2 – Estrutura química da melatonina



Fonte: Modelo adaptado de Pala *et al.* (2013).

As uvas 'BRS Vitória' (*Vitis spp.*) apresentam textura crocante, frutos pequenos e boa proporção de açúcar e ácido. É uma das cultivares de uvas sem semente comerciais mais importantes para produção no Brasil e muito aceita em mercados internacionais (Colombo *et al.*, 2020). No entanto, os cachos podem deteriorar-se sem tratamentos adequados após a colheita. Outro fator importante é a natureza da interação entre a melatonina e o ácido salicílico nas frutas (Figura 3), sobretudo, nas uvas, que ainda não está completamente esclarecida. Essa interação assume um papel crítico para revelar quais processos estão envolvidos, sejam de origem genética, ambiental ou bioquímica. Dentro deste contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar as características físico-químicas, compostos bioativos e atividade antioxidante na pós-colheita das uvas 'BRS Vitória', tratadas com doses de melatonina isoladas e ou combinadas com ácido salicílico durante o armazenamento. Da mesma forma, busca-se sugerir a melhor dose a ser aplicada como potencial para incorporação em práticas agrícolas no futuro.

Figura 3 – Efeitos do ácido salicílico e da melatonina nos frutos de uva de mesa



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Videiras e delineamento de pesquisa experimental

Uvas de mesa 'BRS Vitória' (CNPUV 681-29 x 'BRS Linda') foram colhidas no ciclo produtivo de 2022, cultivadas sobre o porta-enxerto 'IAC 766 Campinas', com espaçamento padrão de $2,0 \times 3,0$ m (1.666 videiras ha^{-1}), em sistema de Open Gable, no pomar da Fazenda Experimental da Unesp em São Manuel, São Paulo, Brasil ($22^{\circ}46''\text{S}$, $48^{\circ}34''\text{W}$ e 773 m de altitude). As práticas agronômicas, incluindo os manejos e tratos culturais foram realizados conforme as recomendações sugeridas por Maia *et al.* (2016). O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados (DBC), utilizando 32 videiras divididas em oito tratamentos. Cada tratamento foi composto por quatro videiras. Aos 148 dias após a poda (DAP) os cachos foram pulverizados com soluções de melatonina (0.02 mmol 0.05 e 0.1 mmol), combinadas ou não com ácido salicílico (1.0 mmol), além do controle que não recebeu tratamento. A pulverização (cerca de 1.0 L planta $^{-1}$) foi realizada no início da manhã, com auxílio de pulverizador costal, até o escoamento (Apêndice A). Esse período foi

estipulado, pois estudos com aplicação de AS em frutos, quatro dias antes das análises aumentava a atividade das enzimas de defesa (Cao *et al.*, 2006; Desoky *et al.*, 2021).

Os tratamentos foram aplicados diretamente nos cachos em plena maturação fisiológica (14° Brix e 100% dos cachos com cor preta-azuladas), no tempo necessário para atingir a maturação e o ponto de colheita (Apêndice A). Após oito dias da aplicação, os cachos foram colhidos para caracterização física, química e bioquímica em dezembro de 2022 (Apêndice B). Os frutos estavam livres de danos mecânicos e danos por insetos e com coloração uniforme das bagas. Para determinar o ponto de colheita das uvas, uma avaliação semanal foi conduzida, desde a mudança de coloração até a completa maturação. Essa determinação baseou-se na análise da evolução da maturação dos frutos, ocorrendo quando duas amostragens consecutivas mantiveram níveis estáveis de sólidos solúveis (14.5°Brix) e acidez titulável (0.8 g de ácido tartárico/100 mL de mosto).

O material foi transportado sob refrigeração em caixas de papelão sem tampa para o laboratório de pós-colheita da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), no Departamento de Ciências Químicas e Biológicas, localizado no Câmpus de Botucatu, São Paulo. Os frutos foram embalados em bandejas de polipropileno recobertas com plástico-filme (PVC), em conformidade com a Legislação Brasil/Mercosul (Anvisa – RDC nº 17, de 2008, e RDC nº 56, de 2012) e com a Legislação Europeia (European Directive 2002/72/EC) para contato com alimentos gordurosos e não gordurosos (Apêndice C).

O experimento foi realizado em delineamento com blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 8 x 6 (tratamentos x dias de armazenamento), com 4 repetições (cada repetição consistiu de dois cachos por bandeja, com aproximadamente 110 bagas por cacho), os quais foram recobertos por um plástico filme. As bandejas foram uniformemente distribuídas em câmara fria e os frutos foram armazenados por 15 dias em ambiente controlado (5 ± 2 °C e umidade relativa (UR) de $92 \pm 2\%$). No dia da colheita e a cada três dias, os cachos foram separados para as análises físicas e químicas. Parte do material foi congelado em nitrogênio líquido, pulverizado em nitrogênio líquido e mantidas sob refrigeração (-80 °C) até o momento das análises de bioativos e atividade antioxidante.

3.2.2 Índice de podridão

A podridão foi definida pela diferença de massa obtida pela pesagem dos cachos no dia da colheita e das bagas podres nos dias das avaliações (Gomes, 2006; Tecchio *et al.*, 2009) e os resultados foram obtidos através da Equação 1, sendo expressos em porcentagem (%).

Equação 1:

$$\% Podridão = \left[\frac{\text{massa das bagas podres}}{\text{massa do cacho inteiro}} \right] \times 100$$

3.2.3 % Degrana

A degrana foi estabelecida pela diferença de massa obtida pela pesagem dos cachos no dia da colheita e das bagas degranadas no decorrer dos dias de avaliação (Tecchio *et al.*, 2009). Os cachos foram levemente agitados manualmente, de 3 a 5 vezes e as bagas degranadas foram contabilizadas e pesadas. Os resultados foram obtidos empregando a Equação 2.

Equação 2:

$$\% Degrana = \left[\frac{\text{massa das bagas separadas}}{\text{massa do cacho total}} \right] \times 100$$

3.2.4 Perda de massa fresca

A perda de massa fresca foi calculada a partir da Equação 3 (Gomes, 2006; Deng *et al.*, 2019).

Equação 3:

$$\% Perda de massa fresca = \left[100 - \left(PA \times \frac{100}{PI} \right) \right]$$

Onde, PA= Peso no dia da avaliação; PI= Peso inicial.

3.2.5 Análises químicas das uvas

Para as avaliações químicas foram utilizadas 10 bagas representativas de cada repetição, retiradas de dois cachos de forma aleatória, com o propósito de formar o mosto utilizado para as análises químicas.

O teor de SS foi determinado por refratometria, utilizando refratômetro digital portátil (Modelo PAL-1, ATAGO, Brasil) e os resultados foram expressos em °Brix. A acidez titulável (AT) foi realizada de acordo com IAL (2008), isto é, 1 mL de amostra homogeneizada foi diluído em 100 mL de água deionizada, seguida de titulação com solução padronizada de NaOH 0,1N, empregando pH 8,2 como ponto final da titulação, e os resultados foram expressos em g do ácido tartárico por 100 g e o pH foi determinado pela leitura direta do mosto em potenciômetro (AOAC, 2006). O ratio foi calculado através da razão entre SS e AT.

3.2.6 Componentes bioquímicos das bagas de uvas e preparação das amostras

Para as análises de compostos fenólicos e atividade antioxidante, 300 mg de uva (casca e polpa) foi homogeneizada em 10 mL de metanol acidificado (80:1:19 v/v/v), centrifugados (6.000 x g) a 5 °C por 10 minutos e o sobrenadante foi usado para as análises.

3.2.7 Compostos fenólicos totais

O teor de compostos fenólicos foi analisado utilizando o reagente de Folin-Ciocalteu (Singleton; Rossi, 1965) e carbonato de sódio (Na_2CO_3) 20%. A leitura foi realizada a 725 nm após uma hora de reação e os resultados foram expressos como mg equivalentes de ácido gálico (GAE) por 100 g⁻¹ ($y = 0.0282x + 0.0563$; $R^2 = 0.9987$).

3.2.8 Conteúdo de flavonoides totais

O conteúdo total de flavonoides foi analisado conforme Popova *et al.* (2004), adicionando ao sobrenadante a solução de cloreto de alumínio a 5%. A absorbância foi lida em 510 nm e os resultados foram expressos em mg equivalente de quercetina (mg QE) por 100 g⁻¹ ($y = 0.013x - 0.003$; $R^2 = 0.9987$).

3.2.9 Determinação do teor de antocianinas totais

O teor total de antocianina das uvas foi determinado pelo método de pH diferencial, de acordo com Giusti; Wrolstad (2001), e a leitura de absorbância realizada em 510 nm e 700 nm (BEL Photonics®, SP 2000 UV/vis).

O teor do pigmento foi calculado considerando a absortividade molar (ϵ) de 28000 L cm⁻¹ mol⁻¹ e peso molecular de 493,2 g mol⁻¹ (cianidina-3-O-glicosídeo). Os resultados foram expressos em mg equivalentes de cianidina-3-O-glicosídeo por 100 g⁻¹ de uva (mg 100 g⁻¹).

3.2.10 Atividade antioxidante

A atividade antioxidante foi determinada pela redução de 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical (DPPH) como descrito em Brand-Williams, Cuvelier; Berset (1995). A atividade antioxidante foi calculada de acordo com a curva padrão de concentração de Trolox ($y=23.606x+2.5805$; $R^2=0.9961$) e os resultados foram expressos em μ g equivalente de Trolox por 100 g.

A determinação da atividade antioxidante também foi determinada pela redução de Fe (FRAP) (tampão acetato 300 mM, pH 3,6; 2,5 mL de 2,4,6-tris(2-piridil)-5-triazina [TPTZ] 10 mM em HCl 40 mM; 2,5 mL de solução de FeCl₃) (Benzie; Strain 1996). A absorbância foi medida em 595 nm e os resultados expressos em mmol de FeSO₄ ($y=0.007+0.0044$; $R^2=0.9973$) reduzido por 100 g.

3.2.11 Perfil de compostos fenólicos via HPLC

As análises de compostos fenólicos foram realizadas no Laboratório de Bioquímica Vegetal por cromatografia líquida de alta performance (HPLC), utilizando-se as amostras maceradas em nitrogênio líquido. A partir dos resultados das análises físicas, químicas e bioquímicas, foram determinadas três épocas (Início do armazenamento, fase intermediária (dia 6) e o último dia (dia 15) para análises de (poli)fenóis. 500 mg de amostra foram homogeneizadas com 2,5 mL de metanol (grau HPLC), agitadas por 1 minutos no vórtex e levadas ao banho ultrassônico por 1 hora, com agitação a cada 15 minutos e centrifugados a 6000 rpm a 5 °C por 10 minutos. Os sobrenadantes foram reservados em recipiente âmbar, este procedimento repetiu-se uma vez. Os sobrenadantes foram misturados e centrifugados a 6000 rpm a 5 °C por 10 minutos. Após filtração (0,22 μ m), as amostras foram injetadas (20 μ L) num sistema HPLC (Ultimate 3000 BioRS, Dionex-Thermo Fisher Scientific Inc., USA),

equipado com detector de fotodiodo (DAD-3000RS) de coluna C18 (2,2 μm , 2,1 $\times$ 50 mm, Luna[®] 2,5 μm (2) HST; Phenomenex[®], USA), com vazão de 0,6 mL min⁻¹ a 39 °C, MI segundo Natividade *et al.* (2013). A taxa de fluxo foi realizada com dois solventes (grau HPLC), ou seja, solvente A (metanol 100%) e solvente B (ácido fosfórico 0,01 M). O gradiente do solvente foi iniciado com 100% de solvente A e ajustado da seguinte forma: 0–2,5 min, 96% de solvente A; 2,5–7,5 min, 92% de solvente A; 7,5–15 min, 88% de solvente A; 15–18 min, 85% de solvente A; 18–20 min, 80% de solvente A; 20–21 min, 75% de solvente A; 21–22 min, 65% de solvente A; 22–24 min, 35% de solvente A; 24–25 min, 96% de solvente A e manter 96% de solvente A por 3 min. Quanto aos comprimentos de onda de detecção foram de 270 nm para ácido gálico e catequina; 320 nm para ácido cafeico, ácido clorogênico, p-cumárico ácido trans ferulico; 360 nm para rutina; e 520 nm para 3,5-diglicosídeo cianidina, 3-o-glicosídeo delphinidina e 3,5-diglicosídeo malvidina, 3-o-glicosídeo pelargonidina, 3-o-glicosídeo peonidina e 3-o-glicosídeo malvidina, e os resultados foram expressos em mg kg⁻¹ de amostra (Apêndice D).

3.2.12 Análise estatística

Os valores médios foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e comparadas com auxílio do teste Scott-Knott ($p < 0,05$), utilizando o programa estatístico INFOSTAT, versão 2021. A análise de componentes principais (PCA) foi realizada com auxílio do software XLSTAT (versão 2023.2.0; Addinsoft, França).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

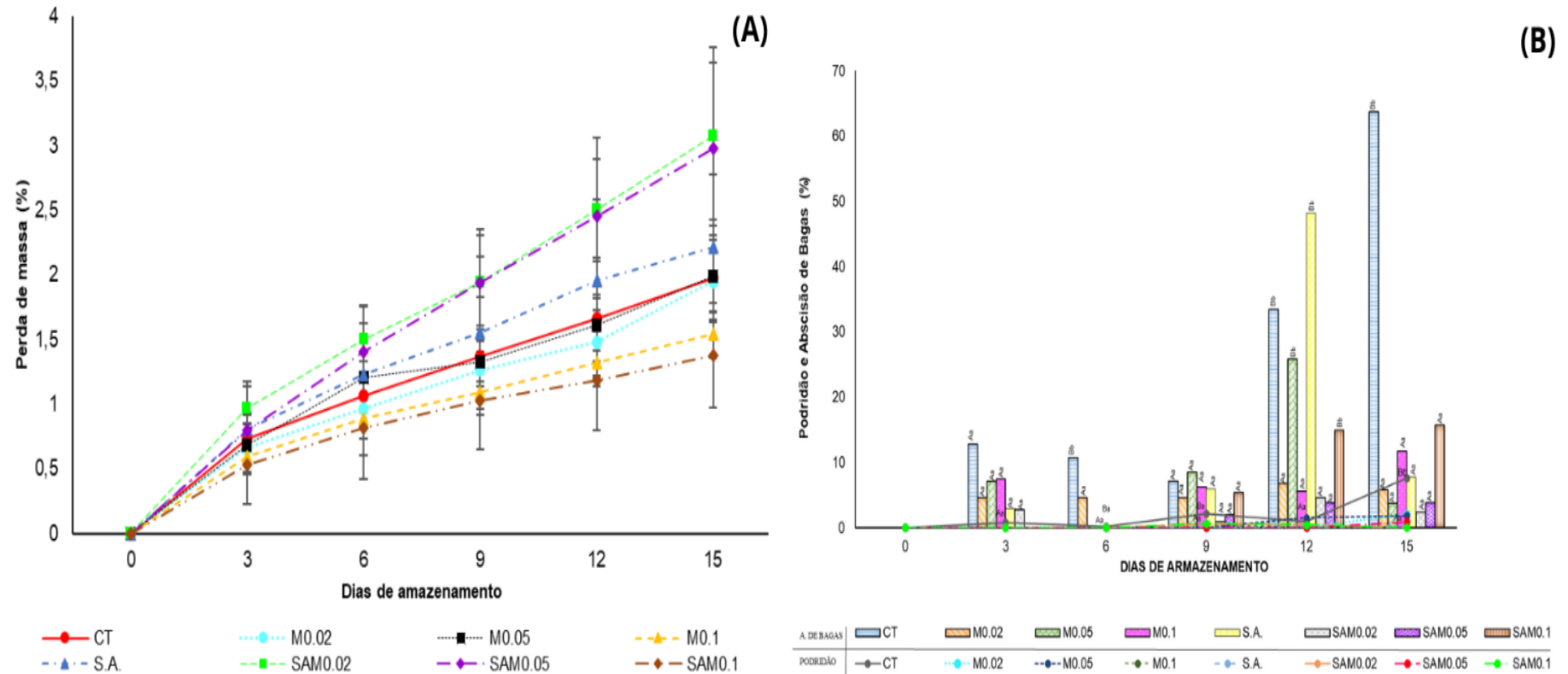
Tanto a podridão, como a degrana, foram afetadas pelo uso de ácido salicílico e/ou melatonina. A maior porcentagem de podridão e degrana ocorreram nos cachos não tratados (Figura 4A). Após o nono dia de armazenamento, o uso apenas de AS não foi eficaz para diminuir a degrana, como ocorreu quando combinado com melatonina. Por outro lado, tratamento com AS diminuiu a podridão, um dos fatores que afetam a aceitação do produto, bem como, a qualidade pós-colheita.

A menor porcentagem de degrana dos cachos de uvas tratados com melatonina ocorreu usando 0.2 mmol combinada com AS. Por outro lado, a pulverização apenas com AS não foi eficaz para controlar a degrana após o 12º dia, período no qual, outros autores também observaram diminuição da eficiência desse ácido ortohidroxilbenzóico em uvas de mesa 'Niagara Rosada' (Gomes *et al.*, 2021) e 'Yaghouti' (Nia *et al.*, 2022). Estudos também demonstram a eficiência da aplicação exógena de melatonina em uvas contra a degrana, ou seja, diminuindo a taxa de abscisão (Wang *et al.*, 2020; Ban *et al.*, 2023). Este efeito é atribuído à ação inibitória da melatonina na biossíntese de ácido abscísico (ABA) (Zhang *et al.*, 2017), isto é, há uma correlação negativa entre melatonina e ácido abscísico (ABA) (Pang *et al.*, 2020), o que seria favorável para diminuição da degrana em 'BRS Vitória'. Esse efeito também é conferido à ativação do mecanismo enzimático antioxidante, como catalase e peroxidase, bem como das espécies reativas de oxigênio (ROS) (Hu *et al.*, 2016).

A podridão após a colheita é uma das ocorrências mais frequentes que comprometem a qualidade das uvas de mesa durante o armazenamento, reduzindo a sua aceitabilidade e promovendo perdas significativas de frutos vendáveis em termos econômicos. O índice de podridão aumentou significativamente ao longo do armazenamento nas uvas não tratadas (controle) em comparação às uvas tratadas com M e AS. As uvas tratadas com 0.1 mmol de melatonina e a combinação de 0.02 mmol de melatonina com 0.1 mmol de AS, respectivamente, até o 15º dia não apresentaram cachos podres, comparados aos outros tratamentos. Da mesma forma, os resultados de outras pesquisas mostraram que a aplicação de AS (Nia *et al.*, 2022; Martínez-Camacho *et al.*, 2022), assim como de melatonina poderia aumentar a resistência contra agentes de decomposição de frutas de mesa (Li *et al.*, 2022; Fan *et al.*, 2022). Em uvas, a podridão geralmente é induzida por fungos e melatonina foi

relatada por aumentar a resistência à fungos, devido à relação com o aumento da atividade de enzimas de defesa (chitinase, β -1,3-glucanase e polifenol oxidase) e alterar os níveis de peróxido de hidrogênio, com consequente aumento da atividade de enzimas antioxidantes (Liu *et al.*, 2018). De acordo com Arnao; Hernández-Ruiz (2019), a melatonina induz a expressão de genes ligados à patogênese, bem como ao ácido salicílico e ao óxido nítrico, resultando num aumento de resistência à fitopatógenos.

Figura 4 – Podridão (%), degrana (%) (A) e perda de massa (%) (B) nas bagas da uva ‘BRS Vitória’ submetida à aplicação via pulverização com melatonina (M) e ácido salicílico (S.A) na pré-colheita.



Nota: *Médias seguidas da mesma letra maiúscula (doses de M, AS e a combinação de M e AS) e minúscula (dias de armazenamento) não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott ($p > 0.05$). DEGRANA – letras verticais (barras); PODRIDÃO – letras horizontais (linhas). As medições foram feitas a cada três dias durante 15 dias de armazenamento refrigerado a $5 \pm 2^\circ\text{C}$ e UR de $92 \pm 2\%$. Cada valor é a média de quatro repetições $\pm$ desvio padrão, as linhas representam as médias e as barras os desvio padrão das médias. *e detalhes abreviados dos tratamentos: CT- água destilada; M0.02- 0.02 mmol de melatonina; M0.05- 0.05 mmol de melatonina; M0.1- 0.1 mmol de melatonina; AS- 1.0 mmol de ácido salicílico; SAM0.02- 1.0 mmol de ácido salicílico + 0.02 mmol de melatonina; SAM0.05 – 1.0 mmol de ácido salicílico + 0.05 mmol de melatonina; SAM1.0- 1.0 mmol de ácido salicílico + 0.1 mmol de melatonina.

Durante o armazenamento, a melatonina, principalmente na dose mais elevada (0.1 mmol), foi eficaz na prevenção da perda de massa, seja quando aplicada de forma isolada ou em combinação com ácido salicílico (Figura 4B). Em ameixa 'Santa Rosa', a aplicação exógena de 1000 μ mol de melatonina foi eficiente em diminuir a perda de massa, enquanto doses menores não mostraram a mesma eficiência (Bal, 2019). Por outro lado, melatonina atuou na diminuição da perda de massa de uva 'Crimson', mesmo quando usada em menores concentrações (Nasser *et al.*, 2022). Nossos resultados mostram que houve maior perda de massa quando doses menores de melatonina foram combinadas com ácido salicílico ou quando o ácido salicílico foi utilizado isoladamente, em comparação com o controle (água destilada). O ácido salicílico tem sido associado à redução do metabolismo respiratório em frutos, o que poderia levar à diminuição da taxa respiratória e, conseqüentemente, à uma perda de massa mais lenta e a uma vida útil prolongada dos frutos (El-tayeb *et al.*, 2006). Entretanto, a aplicação de ácido salicílico (1.0 mmol) isolado em uvas 'BRS Vitória' não foi eficiente para diminuir ou prevenir a perda de massa, quando comparado com os frutos que não receberam nenhum tratamento. Resultados diferentes foram descritos por Zhang *et al.* (2021), em baga de goji tratados com 1.0 mmol AS, isto é, houve uma inibição da perda de massa comparada com maiores concentrações de AS.

Doses mais elevadas de melatonina (0,1mmol) foram eficazes na proteção contra a perda de massa, enquanto doses menores (0,02 mmol) não resultaram no mesmo efeito. Em resumo, melatonina exógena tem o potencial de ser uma ferramenta valiosa na redução da perda de massa de uvas 'BRS Vitória' durante o armazenamento refrigerado, melhorando assim sua qualidade e vida útil. O uso de melatonina pode atrasar a senescência (Wang *et al.*, 2019), pela redução do metabolismo respiratório e aumento da atividade de enzimas envolvidas com processo de oxidação (Ma *et al.*, 2016), o que contribuiria para a preservação da qualidade dos frutos. No entanto, a otimização das condições de aplicação, incluindo dose e momento, é fundamental para maximizar os benefícios. Além disso, as respostas podem variar dependendo do tipo de fruto em questão. Vale ressaltar que a utilização de melatonina exógena pode ter um potencial significativo para reduzir a necessidade de produtos químicos para aumentar a longevidade pós-colheita, contribuindo, assim, para o cultivo mais saudável e ambientalmente sustentável.

O pH é um importante parâmetro que determina a atividade metabólica, assim como, a germinação e crescimento de hifas de microrganismos e disponibilidade de nutrientes (Farh *et al.*, 2021). Diversos fitopatógenos podem atacar hospedeiros em diferentes pH (pH 2,0 a pH 9,0). Entretanto, a acidez em uvas pode propiciar o surgimento de microrganismos fúngicos, como descrito por Li-Fang *et al.* (2024), em quinze variedades de uva de mesa e de vinho. De acordo com Manteau *et al.* (2003), cachos de uvas com pH abaixo de 3,32 tornam-se mais susceptíveis ao aparecimento de fungos, além de ser meio favorável para expressão de enzimas degradativas. Uvas 'BRS Vitoria' submetidas a tratamentos com melatonina e/ou ácido salicílico mostram valores de pH mais elevados em comparação aos frutos controle, tanto no dia da colheita, como durante o armazenamento (Tabela 1). Essas variações nos valores de pH também refletiram na acidez titulável, que mostrou diminuição durante o período de armazenamento, independentemente dos tratamentos pré-colheita aplicados.

O conteúdo de sólidos solúveis (SS) logo após a colheita está de acordo com o MAPA (2002), isto é, em torno de 14° Brix. No dia da colheita, os tratamentos com melatonina e/ou ácido salicílico aplicados na pré-colheita não resultaram em aumentos significativos em comparação com os frutos não tratados. No entanto, durante o armazenamento ocorreram variações, mas por ser um fruto não climatérico, os níveis de SS não ultrapassaram 16° Brix, comparado ao dia da colheita (em torno de 14° Brix). Aos três dias de armazenamento, uvas tratadas com 0.05 mmol de M combinada ou não com AS, apresentaram menor conteúdo de SS, bem como maior acidez titulável, o que refletiu no menor ratio no armazenamento. A acidez titulável (AT) foi mais baixa nos frutos tratados com 0.02 mmol de melatonina, combinada ou não com AS, o que também altera o valor de ratio. A diminuição dos ácidos orgânicos durante a pós-colheita ocorre devido ao metabolismo respiratório (Batista-Silva *et al.*, 2018), mesmo em menor velocidade devido às condições de refrigeração. Concomitante, há aumento de açúcares, medido em parte pelos SS. Esses resultados também podem ser influenciados pelas condições de clima, solo, entre outros. O ano de cultivo e colheita influenciam nessas características químicas, isto é, SS, AT e ratio, como demonstrado por Roberto *et al.* (2015), comparando as variações em uvas durante dois anos consecutivos, isto é, valores de ratio acima de 26 em 2013 e de 17 no ano de 2014. Em 'BRS Vitória', após o sexto dia de armazenamento, o valor médio do ratio é maior que 20, mesmo com algumas exceções (Tabela 1), demonstrando que os tratamentos podem ser interessantes para manutenção da qualidade química.

Tabela 1 – Teor de sólidos solúveis (SS), pH, acidez titulável (AT) e relação sólidos solúveis/acidez titulável (ratio) do mosto da cultivar ‘BRS Vitória’ pulverizados com melatonina (M) e ácido salicílico (SA)

Tratamentos (mmol.L ⁻¹)	Dias de armazenamento					
	pH					
	0	3	6	9	12	15
CT	2,81 ± 0,09 ^{Bb*}	3,21 ± 0,03 ^{Ba}	3,18 ± 0,05 ^{Aa}	3,31 ± 0,10 ^{Aa}	3,19 ± 0,10 ^{Aa}	3,22 ± 0,03 ^{Aa}
0.02 M	2,97 ± 0,09 ^{Bc}	3,43 ± 0,14 ^{Aa}	3,19 ± 0,09 ^{Ab}	3,37 ± 0,10 ^{Aa}	3,25 ± 0,05 ^{Ab}	3,26 ± 0,06 ^{Ab}
0.05 M	3,10 ± 0,20 ^{Aa}	3,26 ± 0,14 ^{Ba}	3,23 ± 0,05 ^{Aa}	3,24 ± 0,05 ^{Aa}	3,19 ± 0,03 ^{Aa}	3,20 ± 0,07 ^{Aa}
0.1M	3,19 ± 0,03 ^{Ab}	3,6 ± 0,08 ^{Aa}	3,12 ± 0,07 ^{Bc}	3,26 ± 0,09 ^{Ab}	3,11 ± 0,06 ^{Ac}	3,15 ± 0,04 ^{Ac}
1.0 S.A	3,16 ± 0,04 ^{Ab}	3,58 ± 0,08 ^{Aa}	3,19 ± 0,03 ^{Ab}	3,30 ± 0,10 ^{Ab}	3,23 ± 0,06 ^{Ab}	3,25 ± 0,05 ^{Ab}
S.A + 0.02 M	3,18 ± 0,03 ^{Ac}	3,52 ± 0,06 ^{Aa}	3,24 ± 0,06 ^{Ab}	3,32 ± 0,04 ^{Ab}	3,27 ± 0,04 ^{Ab}	3,25 ± 0,03 ^{Ab}
S.A + 0.05 M	3,18 ± 0,02 ^{Ab}	3,35 ± 0,04 ^{Ba}	3,21 ± 0,04 ^{Ab}	3,24 ± 0,05 ^{Ab}	3,20 ± 0,06 ^{Ab}	3,22 ± 0,04 ^{Ab}
S.A + 0.1 M	3,17 ± 0,13 ^{Ab}	3,48 ± 0,10 ^{Aa}	3,11 ± 0,08 ^{Bb}	3,28 ± 0,02 ^{Ab}	3,22 ± 0,06 ^{Ab}	3,22 ± 0,04 ^{Ab}
(mmol.L ⁻¹)	Sólidos solúveis					
CT	14,58 ± 0,39 ^{Ab}	14,55 ± 0,61 ^{Bb}	15,40 ± 0,18 ^{Aa}	14,45 ± 0,45 ^{Bb}	14,91 ± 0,22 ^{Bb}	15,51 ± 0,80 ^{Aa}
0.02 M	15,00 ± 1,06 ^{Ab}	14,55 ± 0,17 ^{Bb}	14,48 ± 0,25 ^{Bb}	16,41 ± 0,29 ^{Aa}	15,73 ± 0,46 ^{Aa}	16,61 ± 0,52 ^{Aa}
0.05 M	14,18 ± 0,76 ^{Ab}	12,43 ± 0,34 ^{Cc}	15,13 ± 0,13 ^{Aa}	14,61 ± 0,29 ^{Bb}	14,91 ± 0,53 ^{Ba}	15,41 ± 0,80 ^{Aa}
0.1M	14,48 ± 0,99 ^{Ab}	13,88 ± 0,50 ^{Bb}	14,38 ± 0,35 ^{Bb}	15,25 ± 0,31 ^{Ba}	15,13 ± 0,13 ^{Ba}	15,11 ± 0,59 ^{Ba}
1.0 S.A	14,68 ± 0,25 ^{Aa}	14,08 ± 0,43 ^{Ba}	15,20 ± 0,54 ^{Aa}	14,55 ± 0,82 ^{Ba}	13,93 ± 0,72 ^{Ca}	14,73 ± 0,61 ^{Ba}
S.A + 0.02 M	13,33 ± 0,30 ^{Bd}	14,30 ± 0,34 ^{Bc}	15,28 ± 0,35 ^{Ab}	14,85 ± 0,06 ^{Bb}	15,03 ± 0,43 ^{Bb}	15,95 ± 0,65 ^{Aa}
S.A + 0.05 M	14,73 ± 0,64 ^{Aa}	11,48 ± 0,30 ^{Dc}	14,41 ± 0,14 ^{Ba}	14,48 ± 0,26 ^{Ba}	13,71 ± 0,14 ^{Cb}	14,55 ± 0,30 ^{Ba}

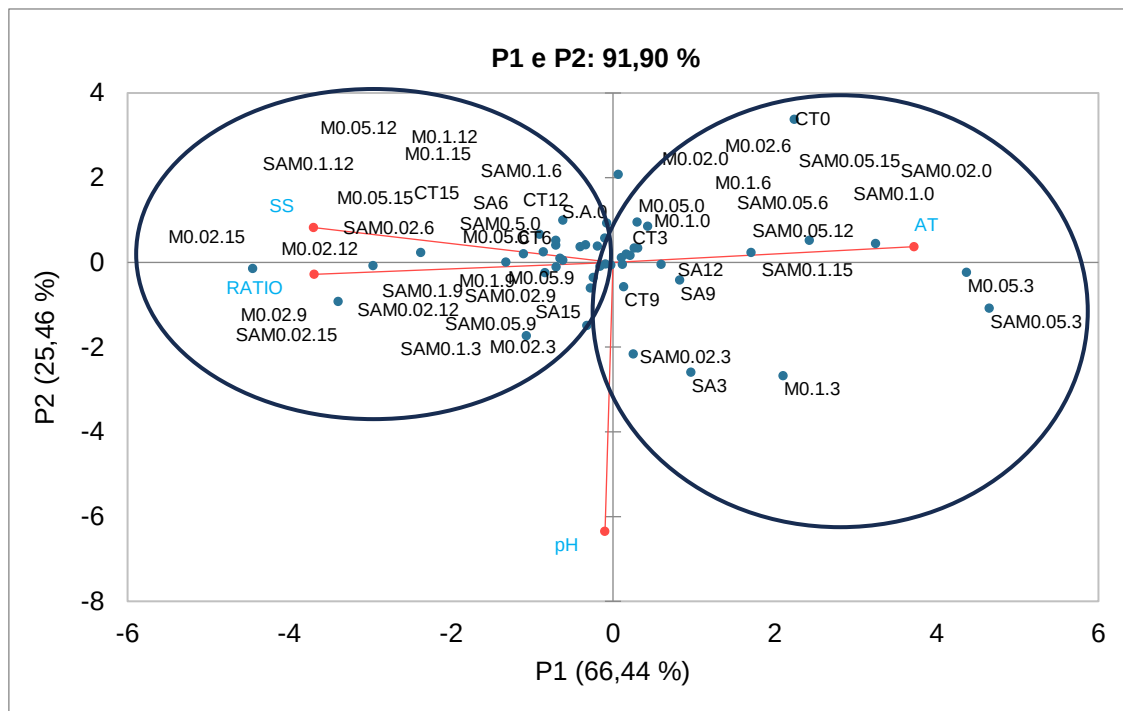
S.A + 0.1 M	13,68 ± 0,32 ^{Bc}	15,51 ± 0,36 ^{Aa}	14,61 ± 0,08 ^{Bb}	14,58 ± 0,17 ^{Bb}	15,58 ± 0,24 ^{Aa}	14,48 ± 0,34 ^{Bb}
(mmol.L ⁻¹)	Acidez titulável					
CT	1,24 ± 0,23 ^{Aa}	0,69 ± 0,14 ^{Cb}	0,64 ± 0,04 ^{Bb}	0,69 ± 0,14 ^{Bb}	0,65 ± 0,06 ^{Bb}	0,55 ± 0,13 ^{Ab}
0.02 M	0,75 ± 0,18 ^{Ba}	0,59 ± 0,02 ^{Cb}	0,70 ± 0,03 ^{Aa}	0,38 ± 0,00 ^{Cc}	0,54 ± 0,12 ^{Bb}	0,30 ± 0,06 ^{Bc}
0.05 M	0,65 ± 0,06 ^{Bb}	1,44 ± 0,09 ^{Aa}	0,61 ± 0,05 ^{Bb}	0,64 ± 0,04 ^{Bb}	0,64 ± 0,05 ^{Bb}	0,49 ± 0,13 ^{Bc}
0.1M	0,70 ± 0,13 ^{Bb}	1,08 ± 0,27 ^{Ba}	0,71 ± 0,08 ^{Ab}	0,62 ± 0,05 ^{Bb}	0,61 ± 0,05 ^{Bb}	0,58 ± 0,06 ^{Ab}
1.0 S.A	0,65 ± 0,06 ^{Bb}	0,81 ± 0,12 ^{Ca}	0,61 ± 0,05 ^{Bb}	0,82 ± 0,08 ^{Aa}	0,69 ± 0,02 ^{Bb}	0,63 ± 0,06 ^{Ab}
S.A + 0.02 M	1,28 ± 0,11 ^{Aa}	0,67 ± 0,02 ^{Cb}	0,64 ± 0,04 ^{Bb}	0,65 ± 0,04 ^{Bb}	0,58 ± 0,07 ^{Bb}	0,41 ± 0,13 ^{Bc}
S.A + 0.05 M	0,61 ± 0,05 ^{Bc}	1,31 ± 0,13 ^{Aa}	0,67 ± 0,02 ^{Ac}	0,62 ± 0,07 ^{Bc}	0,90 ± 0,00 ^{Ab}	0,68 ± 0,03 ^{Ac}
S.A + 0.1 M	1,11 ± 0,22 ^{Aa}	0,59 ± 0,02 ^{Cb}	0,64 ± 0,04 ^{Bb}	0,61 ± 0,02 ^{Bb}	0,64 ± 0,03 ^{Bb}	0,67 ± 0,02 ^{Ab}
(mmol.L ⁻¹)	Ratio					
CT	12,14 ± 2,61 ^{Cb}	21,64 ± 4,37 ^{Aa}	24,25 ± 1,92 ^{Aa}	22,89 ± 1,33 ^{Ba}	21,96 ± 0,14 ^{Ca}	25,68 ± 1,39 ^{Da}
0.02 M	15,71 ± 0,14 ^{Be}	24,65 ± 0,80 ^{Ac}	20,67 ± 0,82 ^{Bd}	43,73 ± 0,79 ^{Ab}	26,21 ± 0,81 ^{Ac}	54,33 ± 1,57 ^{Aa}
0.05 M	21,97 ± 0,96 ^{Ac}	8,64 ± 0,69 ^{Dd}	24,93 ± 1,95 ^{Ab}	23,00 ± 1,94 ^{Bc}	24,72 ± 0,48 ^{Bb}	42,92 ± 1,20 ^{Ba}
0.1M	23,51 ± 2,07 ^{Ab}	11,44 ± 0,86 ^{Cd}	20,35 ± 2,28 ^{Bc}	24,76 ± 1,93 ^{Bb}	24,59 ± 1,49 ^{Bb}	27,95 ± 0,44 ^{Ca}
1.0 S.A	22,85 ± 2,55 ^{Aa}	18,02 ± 3,23 ^{Bb}	25,06 ± 2,14 ^{Aa}	16,71 ± 1,12 ^{Cb}	21,36 ± 0,14 ^{Ca}	22,32 ± 1,28 ^{Ea}
S.A + 0.02 M	10,52 ± 1,12 ^{Cd}	21,51 ± 1,14 ^{Bc}	24,06 ± 1,93 ^{Ac}	23,51 ± 1,16 ^{Bc}	27,41 ± 1,49 ^{Ab}	43,12 ± 0,53 ^{Ba}
S.A + 0.05 M	24,29 ± 2,38 ^{Ad}	8,81 ± 0,97 ^{Dc}	21,65 ± 0,66 ^{Bc}	22,44 ± 1,49 ^{Bc}	15,22 ± 0,16 ^{Db}	22,11 ± 0,92 ^{Ea}
S.A + 0.1 M	11,51 ± 0,85 ^{Ca}	26,25 ± 0,56 ^{Ac}	22,99 ± 1,65 ^{Aa}	24,19 ± 0,40 ^{Ba}	24,71 ± 0,57 ^{Bb}	22,19 ± 0,80 ^{Ea}

Nota: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott ($p > 0,05$). Os resultados foram expressos em média ± desvio padrão ($n = 4$).

A fim de estabelecer um agrupamento descritivo para as variáveis químicas nas uvas 'BRS Vitória' tratadas na pré-colheita e objetivando uma melhor visualização dos dados, empregou-se a análise de componentes principais (PCA) (Figura 5). A dispersão dos dados (PC1 e PC2) explicam 91,90% da variância dos dados. Os sólidos solúveis apresentaram forte correlação positiva com ratio (0.818) (PC1-), enquanto acidez mostra forte correlação negativa (PC1+) (-0.839). Os tratamentos que mais contribuíram para maiores níveis de SS foram 0.02 mmol de melatonina aplicada isoladamente ou em combinação com ácido salicílico, refletindo no ratio.

O aumento da acidez e a redução dos teores de sólidos solúveis podem comprometer a aceitabilidade sensorial por parte de consumidores de certas regiões, como o Brasil, que demonstram uma predileção por sabores mais doces. O menor conteúdo de SS e maior acidez pode ser atribuído ao processo de atraso na senescência (Batista-Silva *et al.*, 2018) durante o armazenamento refrigerado nos frutos tratados com 0.05 mmol de melatonina isolada ou em combinação com ácido salicílico (Bal, 2019). Pelos resultados, o melhor momento para o consumo de uvas 'BRS Vitória', em relação ao sabor, seria entre o sexto e décimo segundo dia após a colheita, quando armazenadas em baixa temperatura e tratadas com melatonina 0.02 mmol (Figura 5 e Tabela 1).

Figura 5 – Análise de componentes principais (PCA) com projeção bidimensional (A) e pontuações (B) de atributos químicos



*Nota: SS – sólidos solúveis; AT – acidez titulável; pH; ratio – relação entre sólidos solúveis e acidez titulável. Sigla dos tratamentos: CT0, CT3, CT6, CT9, CT12, CT15- Controle nos dias 0,3,6,9,12,15 dias de armazenamento; M0.02.0, M0.02.3, M0.02.6, M0.02.9, M0.02.12, M0.02.15 – 0.02 mmol L⁻¹ de melatonina nos dias 0,3,6,9,12,15 dias de armazenamento; M0.05.0, M0.05.3, M0.05.6, M0.05.9, M0.05.12, M0.05.15 – 0.05 mmol L⁻¹ de melatonina nos dias 0,3,6,9,12,15 dias de armazenamento; M0.1.0, M0.1.3, M0.1.6, M0.1.9, M0.1.12, M0.1.15 – 0.1 mmol L⁻¹ de melatonina nos dias 0,3,6,9,12,15 dias de armazenamento; S.A.0, S.A.3, S.A.6, S.A.9, S.A.12, S.A.15– 1.0 mmol L⁻¹ de ácido salicílico nos dias 0,3,6,9,12,15 dias de armazenamento; SAM0.02.0, SAM0.02.3, SAM0.02.6, SAM0.02.9, SAM0.02.12, SAM0.02.15- 1.0 mmol de ácido salicílico + 0.02 mmol de melatonina nos dias 0,3,6,9,12,15 dias de armazenamento; SAM0.05.0, SAM0.05.3, SAM0.05.6, SAM0.05.9, SAM0.05.12, SAM0.05.15- 1.0 mmol de ácido salicílico + 0.05 mmol de melatonina nos dias 0,3,6,9,12,15 dias de armazenamento; SAM0.1.0, SAM0.1.3, SAM0.1.6, SAM0.1.9, SAM0.1.12, SAM0.1.15- 1.0 mmol de ácido salicílico + 0.1mmol de melatonina nos dias 0,3,6,9,12,15 dias de armazenamento refrigerado.

Os níveis de compostos fenólicos totais aumentaram durante o armazenamento, mesmo sob refrigeração, demonstrando a atividade do metabolismo respiratório na pós-colheita de 'BRS Vitória'. Logo após a colheita, os níveis de compostos fenólicos variaram entre 47,8 (AS + 0.05 M) a 71,7 (AS + 0.1 M) mg 100 g⁻¹ (Tabela 2). Aos 6 e 9 dias após a colheita, os maiores conteúdos ocorreram nos tratamentos com menor dose de melatonina associada ao ácido salicílico, isto é, 359.35 e 315.70 mg 100 g⁻¹, respectivamente. Por outro lado, há diminuição no conteúdo de fenóis totais ao final do armazenamento refrigerado. Bal (2019), também notou diminuição de fenóis totais ao final do armazenamento de ameixas e atribuiu esse efeito à senescência, incluindo a decomposição da estrutura celular. Vale destacar que a aplicação de 0.1 mmol de melatonina em combinação com ácido salicílico, além de ser um bom tratamento para as características de podridão e perda de massa, também

resultou em bons níveis de compostos fenólicos, tornando-o dessa forma, um tratamento interessante para a pós-colheita de uvas 'BRS Vitória'.

Tabela 2 – Compostos fenólicos totais, flavonoides e antocianinas totais das bagas de uva cultivar ‘BRS Vitória’ em diferentes concentrações de melatonina (M) e ácido salicílico

Tratamento s (mmol.L ⁻¹)	Dias de armazenamento					
	Compostos fenólicos totais (mg eq. ácido gálico 100 g ⁻¹ MF)					
	0	3	6	9	12	15
CT	59,71 ± 4,18 ^{Bd}	170,60 ± 6,05 ^{Ec}	210,38 ± 11,74 ^{Db}	208,50 ± 4,98 ^{Cb}	278,30 ± 3,89 ^{Ca}	177,80 ± 4,63 ^{Fc}
0.02 M	64,01 ± 1,87 ^{Af}	171,20 ± 3,83 ^{Ee}	211,15 ± 10,84 ^{Dc}	188,20 ± 5,51 ^{Dd}	350,00 ± 1,32 ^{Aa}	329,00 ± 3,39 ^{Ab}
0.05 M	50,51 ± 2,51 ^{Ce}	194,20 ± 1,73 ^{Dc}	193,69 ± 5,73 ^{Ec}	118,50 ± 3,44 ^{Fd}	268,10 ± 1,10 ^{Da}	214,90 ± 4,30 ^{Db}
0.1 M	62,71 ± 5,82 ^{Bd}	234,00 ± 0,83 ^{Bb}	197,93 ± 6,80 ^{Ec}	205,60 ± 6,48 ^{Cc}	260,80 ± 0,75 ^{Ea}	189,10 ± 1,92 ^{Ec}
1.0 S.A	47,71 ± 5,15 ^{Ce}	82,10 ± 0,67 ^{Gd}	211,96 ± 5,79 ^{Db}	170,50 ± 4,40 ^{Ec}	259,50 ± 3,20 ^{Ea}	207,80 ± 1,86 ^{Db}
S.A + 0.02 M	62,81 ± 4,16 ^{Bf}	141,70 ± 5,21 ^{Fe}	359,35 ± 1,95 ^{Aa}	315,70 ± 0,55 ^{Ab}	292,70 ± 2,14 ^{Bc}	282,00 ± 0,64 ^{Bd}
S.A + 0.05 M	47,81 ± 1,88 ^{Cf}	266,10 ± 1,98 ^{Ac}	290,33 ± 7,38 ^{Ba}	279,50 ± 1,41 ^{Bb}	223,90 ± 4,35 ^{Fe}	243,00 ± 2,37 ^{Cd}
S.A + 0.1 M	71,70 ± 3,79 ^{Af}	212,80 ± 7,21 ^{Cc}	229,21 ± 7,19 ^{Cb}	198,90 ± 0,98 ^{Cd}	356,80 ± 2,28 ^{Aa}	165,10 ± 0,90 ^{Ge}
(mmol.L ⁻¹)	Flavonoides (mg eq. quercetina 100 g ⁻¹)					
CT	12,20 ± 0,57 ^{Bd}	29,50 ± 1,08 ^{Cb}	49,74 ± 4,18 ^{Ba}	46,70 ± 0,30 ^{Ba}	32,30 ± 1,08 ^{Eb}	22,70 ± 3,62 ^{Fc}
0.02 M	7,60 ± 0,34 ^{Ce}	24,80 ± 0,57 ^{Dd}	41,96 ± 10,59 ^{Cc}	24,30 ± 0,28 ^{Dd}	82,30 ± 3,94 ^{Aa}	63,60 ± 0,33 ^{Bb}
0.05 M	5,00 ± 1,52 ^{De}	38,20 ± 0,82 ^{Bc}	40,82 ± 3,33 ^{Cc}	22,20 ± 0,73 ^{Dd}	57,90 ± 0,51 ^{Cb}	63,40 ± 2,77 ^{Ba}
0.1 M	7,70 ± 0,99 ^{Cc}	34,90 ± 1,02 ^{Bb}	53,01 ± 7,45 ^{Ba}	43,40 ± 3,14 ^{Bb}	56,80 ± 2,30 ^{Ca}	41,90 ± 0,67 ^{Eb}
1.0 S.A	14,30 ± 1,34 ^{Ae}	14,00 ± 0,21 ^{Ee}	50,68 ± 2,29 ^{Bb}	36,90 ± 1,34 ^{Cd}	59,70 ± 1,11 ^{Ca}	46,50 ± 0,81 ^{Dc}
S.A + 0.02 M	10,90 ± 0,69 ^{Bd}	45,60 ± 5,11 ^{Ac}	67,54 ± 1,93 ^{Aa}	56,10 ± 0,73 ^{Aa}	68,70 ± 1,75 ^{Ba}	72,90 ± 1,01 ^{Aa}

S.A + 0.05 M	3,20 ± 0,29 ^{Dc}	6,60 ± 0,67 ^{Fc}	12,76 ± 0,80 ^{Db}	46,70 ± 0,54 ^{Ba}	46,50 ± 7,23 ^{Da}	46,00 ± 0,50 ^{Da}
S.A + 0.1 M	8,80 ± 0,89 ^{Cd}	46,00 ± 0,43 ^{Ac}	50,59 ± 0,76 ^{Bb}	45,20 ± 1,85 ^{Bc}	84,90 ± 4,17 ^{Aa}	51,60 ± 1,45 ^{Cb}
(mmol.L ⁻¹)	Antocianinas (mg 100 g ⁻¹)					
CT	17,70 ± 2,70 ^{Db}	36,00 ± 3,40 ^{Cb}	38,50 ± 1,90 ^{Da}	39,60 ± 1,00 ^{Da}	44,70 ± 4,40 ^{Ea}	34,60 ± 2,80 ^{Da}
0.02 M	40,60 ± 4,00 ^{Bc}	61,40 ± 0,80 ^{Ab}	100,90 ± 2,50 ^{Aa}	101,10 ± 2,10 ^{Aa}	95,10 ± 4,90 ^{Aa}	97,00 ± 3,90 ^{Ba}
0.05 M	49,60 ± 0,90 ^{Ac}	72,80 ± 3,80 ^{Aa}	63,50 ± 2,70 ^{Bb}	66,50 ± 3,10 ^{Bb}	71,80 ± 3,50 ^{Ca}	76,50 ± 3,50 ^{Ca}
0.1 M	47,10 ± 1,20 ^{Ad}	48,10 ± 2,80 ^{Bd}	55,10 ± 2,40 ^{Cc}	62,10 ± 0,50 ^{Cc}	70,70 ± 6,80 ^{Cb}	92,00 ± 3,60 ^{Ba}
1.0 S.A	25,50 ± 2,20 ^{Cd}	47,60 ± 3,70 ^{Bc}	55,10 ± 1,10 ^{Cb}	58,30 ± 1,70 ^{Cb}	62,40 ± 0,50 ^{Db}	95,70 ± 2,50 ^{Ba}
S.A+0.02 M	27,60 ± 1,20 ^{Cd}	45,30 ± 4,00 ^{Bc}	52,50 ± 3,10 ^{Cb}	56,40 ± 1,50 ^{Cb}	79,50 ± 0,80 ^{Ba}	86,40 ± 4,30 ^{Ca}
S.A + 0.05 M	27,10 ± 4,60 ^{Cd}	47,70 ± 2,10 ^{Bc}	54,80 ± 3,40 ^{Cb}	58,40 ± 1,50 ^{Cb}	77,80 ± 1,90 ^{Ba}	80,20 ± 0,60 ^{Ca}
S.A + 0.1 M	48,90 ± 1,80 ^{Ae}	54,10 ± 1,10 ^{Be}	61,10 ± 1,80 ^{Bd}	71,20 ± 4,20 ^{Bc}	77,40 ± 1,10 ^{Bb}	116,20 ± 2,10 ^{Aa}

Nota: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott ($p > 0,05$). Os resultados foram expressos em média ± desvio padrão (n = 3).

Os menores teores de flavonoides foram resultados do tratamento com 0.05 mmol de M+AS, incluindo logo após a colheita ($3.2 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$). Frutos que não receberam nenhuma aplicação exógena de melatonina ou ácido salicílico, apresentaram diminuição no conteúdo após o nono dia de armazenamento refrigerado. Essas uvas (controle) apresentaram também os mais baixos níveis de antocianinas durante todo o período experimental, enquanto a aplicação isolada de 0.02 ou 0.05 mmol de melatonina induziu os maiores conteúdos até o 12º dia de armazenamento (Tabela 2). Melatonina exógena promoveu o acúmulo de compostos fenólicos, assim como, agiu na manutenção dos níveis durante o armazenamento. Os resultados mostram que melatonina está envolvida com a síntese de compostos fenólicos em uvas 'BRS Vitória'. De acordo com Wang *et al.* (2021), melatonina promove o metabolismo flavonoide/fenilpropanóide, regulando positivamente a expressão gênica, melhorando a qualidade pós-colheita de jujubas. Esses efeitos, isto é, aumento dos compostos com propriedades de eliminar radicais livres e que colaboram, por exemplo, na manutenção da membrana, refletem na atividade antioxidante, atrasando a senescência dos frutos.

A aplicação de melatonina isolada ou em combinação com ácido salicílico afetaram os níveis de compostos fenólicos, entre outros bioativos, resultando na alteração da atividade antioxidante, medida via DPPH ou FRAP (Tabela 3). Bagas que não receberam tratamentos mostraram as mais baixas atividades antioxidantes medida via DPPH durante o período de armazenamento refrigerado. Houve alteração da atividade antioxidante medida via FRAP em função dos tratamentos usando a mistura de AS e M até o 12º dia. Entre os dois métodos usados, DPPH refletiu melhor os resultados (Figura 6).

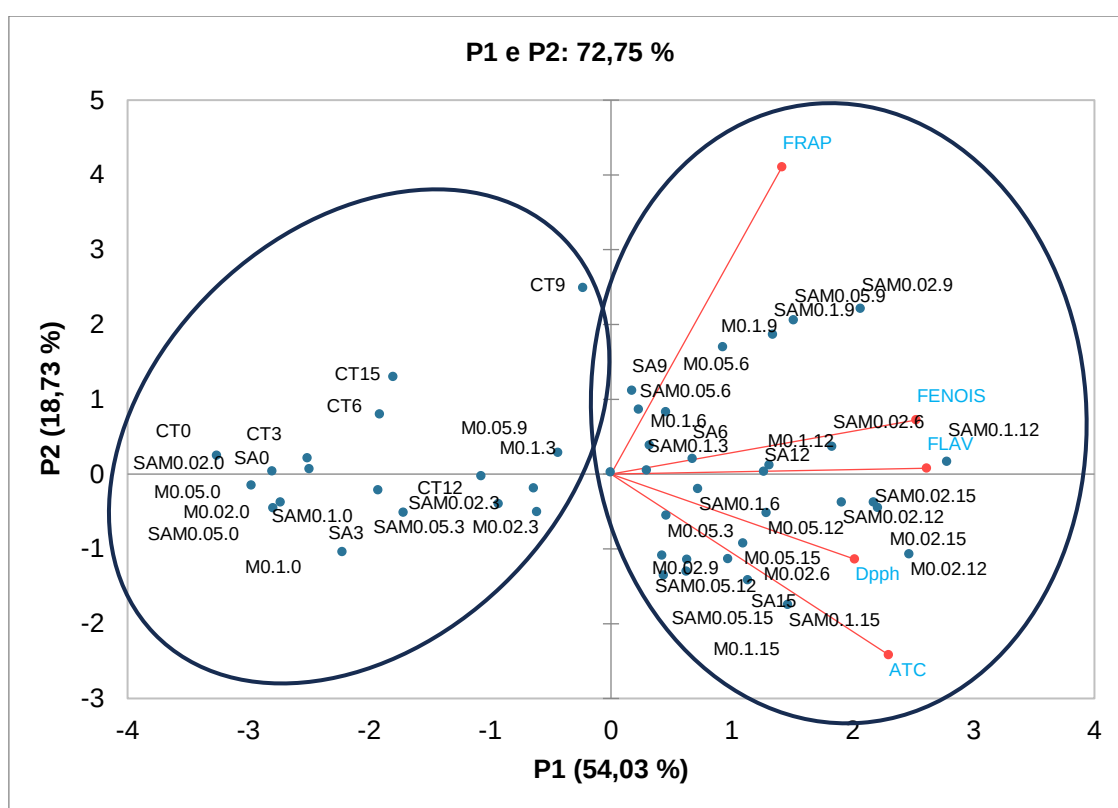
Tabela 3 – Atividades antioxidantes (DPPH e FRAP) das bagas da uva cultivar ‘BRS Vitória’ em diferentes aplicações de melatonina (M) e ácido salicílico (S.A) pulverizados na pré-colheita

Tratamentos (mmol.L ⁻¹)	Dias de armazenamento					
	DPPH (µg Trolox g ⁻¹ MF)					
	0	3	6	9	12	15
CT	40,90 ± 1,94 ^{Ca}	25,20 ± 0,73 ^{Cd}	8,50 ± 0,52 ^{Ce}	40,30 ± 1,22 ^{Ca}	36,20 ± 0,48 ^{Db}	33,10 ± 0,62 ^{Dc}
0.02 M	46,00 ± 0,69 ^{Bc}	61,50 ± 1,65 ^{Bb}	62,60 ± 2,65 ^{Bb}	62,40 ± 1,90 ^{Bb}	66,20 ± 0,78 ^{Ca}	60,90 ± 0,66 ^{Cb}
0.05 M	34,00 ± 1,75 ^{Cc}	70,10 ± 2,27 ^{Aa}	62,50 ± 2,30 ^{Bb}	64,60 ± 2,00 ^{Bb}	68,90 ± 0,65 ^{Aa}	67,90 ± 2,66 ^{Ba}
0.1 M	61,50 ± 5,19 ^{Ab}	67,40 ± 1,62 ^{Aa}	60,60 ± 1,60 ^{Bb}	64,70 ± 2,57 ^{Ba}	66,10 ± 0,40 ^{Ca}	60,30 ± 0,63 ^{Cb}
1.0 S.A	58,00 ± 3,48 ^{Ab}	62,80 ± 1,58 ^{Bb}	71,60 ± 2,38 ^{Aa}	62,20 ± 0,156 ^{Bb}	70,50 ± 1,25 ^{Aa}	71,30 ± 0,62 ^{Aa}
S.A + 0.02 M	48,30 ± 3,34 ^{Bc}	60,80 ± 2,92 ^{Bb}	70,20 ± 3,61 ^{Aa}	70,40 ± 0,01 ^{Aa}	67,50 ± 0,85 ^{Ba}	68,20 ± 0,45 ^{Ba}
S.A + 0.05 M	61,10 ± 1,19 ^{Ab}	60,60 ± 0,74 ^{Bb}	67,20 ± 2,94 ^{Aa}	66,90 ± 0,21 ^{Aa}	67,80 ± 0,20 ^{Ba}	62,00 ± 0,94 ^{Cb}
S.A + 0.1 M	58,30 ± 2,87 ^{Ac}	66,40 ± 1,00 ^{Ab}	69,40 ± 2,39 ^{Aa}	67,20 ± 0,19 ^{Ab}	67,40 ± 0,59 ^{Bb}	70,50 ± 2,14 ^{Aa}
(mmol.L ⁻¹)	FRAP (mmol FeSO ₄ .g ⁻¹ MF)					
CT	2,30 ± 0,17 ^{Bc}	1,90 ± 0,10 ^{Cc}	2,50 ± 0,10 ^{Cc}	5,10 ± 0,44 ^{Ba}	2,10 ± 0,40 ^{Dc}	3,50 ± 0,08 ^{Ab}
0.02 M	2,20 ± 0,23 ^{Bc}	2,60 ± 0,16 ^{Bb}	2,90 ± 0,30 ^{Ca}	3,00 ± 0,15 ^{Ea}	2,70 ± 0,17 ^{Cb}	3,30 ± 0,13 ^{Aa}
0.05 M	2,50 ± 0,14 ^{Ad}	3,00 ± 0,07 ^{Ac}	4,30 ± 0,08 ^{Aa}	3,90 ± 0,22 ^{Db}	2,90 ± 0,06 ^{Bc}	2,60 ± 0,14 ^{Bd}
0.1 M	1,90 ± 0,11 ^{Be}	2,90 ± 0,09 ^{Ac}	3,50 ± 0,17 ^{Bb}	5,30 ± 0,11 ^{Ba}	3,60 ± 0,08 ^{Ab}	2,40 ± 0,11 ^{Cd}
1.0 S.A	2,60 ± 0,22 ^{Ac}	2,50 ± 0,25 ^{Bc}	3,50 ± 0,37 ^{Bb}	4,50 ± 0,15 ^{Ca}	3,30 ± 0,08 ^{Ab}	2,60 ± 0,03 ^{Bc}
S.A + 0.02 M	2,40 ± 0,06 ^{Ac}	2,60 ± 0,16 ^{Bc}	3,30 ± 0,04 ^{Bb}	5,60 ± 0,05 ^{Aa}	3,10 ± 0,05 ^{Bb}	3,40 ± 0,31 ^{Ab}
S.A + 0.05 M	2,10 ± 0,02 ^{Bc}	2,30 ± 0,02 ^{Cc}	4,00 ± 0,16 ^{Ab}	5,50 ± 0,06 ^{Aa}	2,20 ± 0,02 ^{Dc}	2,30 ± 0,03 ^{Cc}
S.A + 0.1 M	2,80 ± 0,28 ^{Ac}	3,20 ± 0,53 ^{Ac}	3,00 ± 0,20 ^{Bc}	5,80 ± 0,11 ^{Aa}	3,60 ± 0,23 ^{Ab}	2,80 ± 0,06 ^{Bc}

Nota: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott (p>0,05). Os resultados foram expressos em média ± desvio padrão (n = 3).

A PCA foi aplicada com a finalidade de avaliar se os perfis de impressões digitais e podem efetivamente distinguir se os tratamentos com doses de melatonina associada ou não ao AS em uvas 'BRS Vitória' e tempos de armazenamento, influenciam os compostos fenólicos, bem como a atividade antioxidante. A PCA dos dados dos compostos fenólicos (fenóis totais, flavonoides totais e antocianinas totais), DPPH e FRAP explica 72,75% do total de variância (Figura 6).

Figura 6 – Análise de componentes principais (PCA) com projeção bidimensional (A) e pontuações (B) de atributos bioquímicos



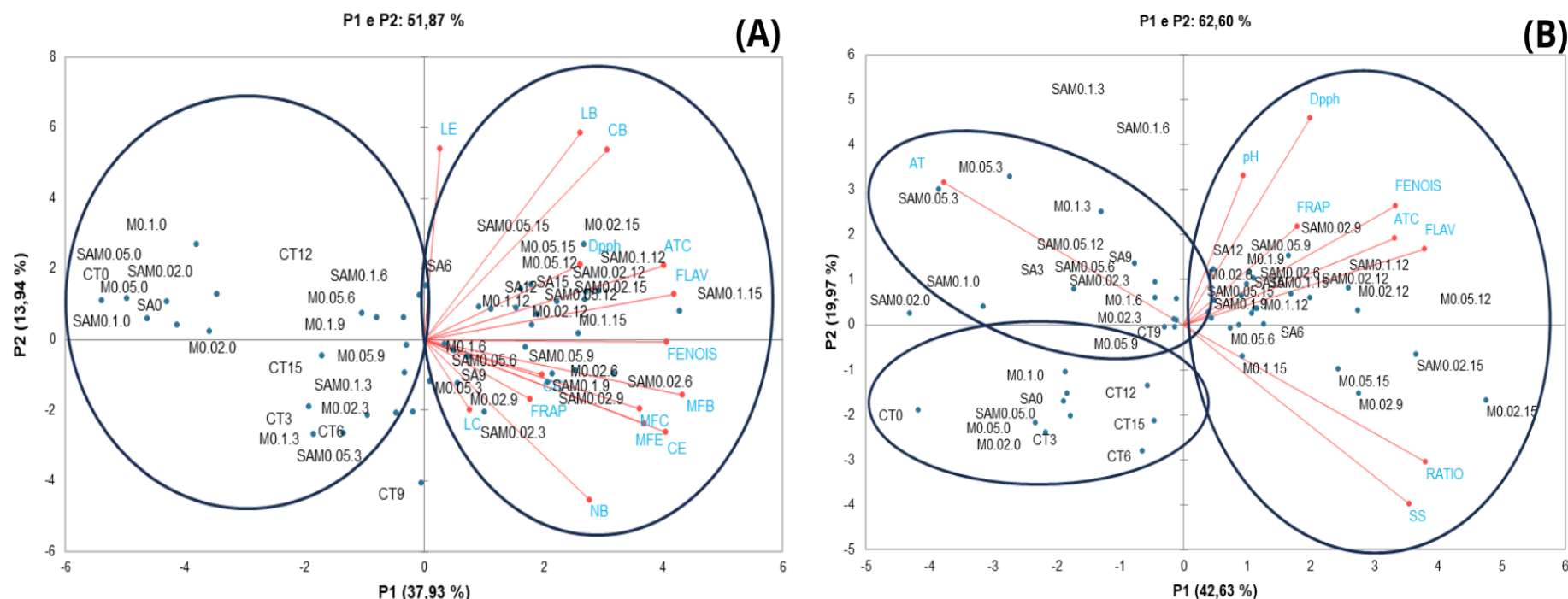
*Nota: Compostos fenólicos totais (FENOIS), flavonoides (FLAV), antocianinas (ATC) e capacidade antioxidante (DPPH e FRAP), Sigla dos tratamentos: CT0, CT3, CT6, CT9, CT12, CT15 - Controle nos dias 0,3,6,9,12,15 dias de armazenamento; M0.02.0, M0.02.3, M0.02.6, M0.02.9, M0.02.12, M0.02.15 - 0.02 mmol L⁻¹ de melatonina nos dias 0,3,6,9,12,15 dias de armazenamento; M0.05.0, M0.05.3, M0.05.6, M0.05.9, M0.05.12, M0.05.15 - 0.05 mmol L⁻¹ de melatonina nos dias 0,3,6,9,12,15 dias de armazenamento; M0.1.0, M0.1.3, M0.1.6, M0.1.9, M0.1.12, M0.1.15 - 1.0 mmol L⁻¹ de melatonina nos dias 0,3,6,9,12,15 dias de armazenamento; S.A.0, S.A.3, S.A.6, S.A.9, S.A.12, S.A.15 - 1.0 mmol L⁻¹ de ácido salicílico nos dias 0,3,6,9,12,15 dias de armazenamento; SAM0.02.0, SAM0.02.3, SAM0.02.6, SAM0.02.9, SAM0.02.12, SAM0.02.15 - 1.0 mmol de ácido salicílico + 0.2 mmol de melatonina nos dias 0,3,6,9,12,15 dias de armazenamento; SAM0.05.0, SAM0.05.3, SAM0.05.6, SAM0.05.9, SAM0.05.12, SAM0.05.15 - 1.0 mmol de ácido salicílico + 0.05 mmol de melatonina nos dias 0,3,6,9,12,15 dias de armazenamento; SAM0.1.0, SAM0.1.3, SAM0.1.6, SAM0.1.9, SAM0.1.12, SAM0.1.15 - 1.0 mmol de ácido salicílico + 1.0 mmol de melatonina nos dias 0,3,6,9,12,15 dias de armazenamento refrigerado.

Os resultados das uvas que não receberam melatonina e/ou AS foram agrupados na PC1-. Os maiores teores de antocianinas foram encontrados principalmente com 0.02 mmol de M (PC1+ e PC2-). Os maiores níveis de

compostos fenólicos foram detectados no 12º dia de armazenamento (Tabela 1), com destaque para as uvas que receberam tratamentos com melatonina ou em combinação com ácido salicílico e foram agrupados na PC1+. Uvas tratadas na pré-colheita com 0.05 mmol de melatonina + AS só mostraram maiores níveis de fenóis totais após três dias de armazenamento refrigerado (Tabela 3), entretanto, não foi um bom tratamento para o conteúdo de fenóis totais, bem como de flavonoides totais e antocianinas. Dessa forma, esse tratamento, isto é, a combinação de 0.05 mmol de melatonina com ácido salicílico não é interessante se o objetivo é fornecer um produto de qualidade antioxidante superior. Por outro lado, a aplicação isolada de melatonina na mesma concentração favoreceu os níveis de fenóis totais e antocianinas, principalmente, ao final do armazenamento refrigerado.

Pela análise de todos os dados físicos, químicos e bioquímicos (excluindo o perfil de compostos fenólicos) através da PCA (Figura 7A), os dois componentes principais explicam 51,78% dos dados. Há evidência que 'BRS Vitória' tratada com melatonina e/ou AS apresentaram os melhores resultados para todos os parâmetros. Esses resultados foram agrupados na PC1+. Em relação apenas aos dados químicos e bioquímicos em conjunto aplicando a PCA (Figura 7B), nota-se agrupamento dos compostos bioativos na PC1+ e PC2+, enquanto que os dados resultantes de ratio e SS agrupam-se na PC1+ e PC2-. Os maiores conteúdos de acidez titulável (Tabela 1) foram agrupados na PC1- e PC2+.

Figura 7 – Análise de componentes principais (PCA) com projeção bidimensional (A) e pontuações (B) de atributos físicos (A) e atributos bioquímicos (B)



* Nota: largura do engaço – LE; comprimento do engaço – CE; massa fresca do engaço – MFE; número de bagas – NB; largura da baga – LB; comprimento da baga – CB; massa fresca da baga – MFB; massa fresca cacho – MFC; largura do cacho – LC; comprimento do cacho – CC) e atributos específicos de compostos fenólicos totais (FENOIS), flavonoides (FLAV), antocianinas (ATC) e capacidade antioxidante DPPH e FRAP. SS – sólidos solúveis; AT – acidez titulável; pH; ratio – relação entre sólidos solúveis e acidez titulável) Sigla dos tratamentos: CT0, CT3, CT6, CT9, CT12, CT15 - Controle nos dias 0,3,6,9,12,15 dias de armazenamento; M0.02.0, M0.02.3, M0.02.6, M0.02.9, M0.02.12, M0.02.15 – 0.02 mmol L⁻¹ de melatonina nos dias 0,3,6,9,12,15 dias de armazenamento ; M0.05.0, M0.05.3, M0.05.6, M0.05.9, M0.05.12, M0.05.15 – 0.05 mmol L⁻¹ de melatonina nos dias 0,3,6,9,12,15 dias de armazenamento ; M0.1.0, M0.1.3, M0.1.6, M0.1.9, M0.1.12, M0.1.15 – 1.0 mmol L⁻¹ de melatonina nos dias 0,3,6,9,12,15 dias de armazenamento; S.A.0, S.A.3, S.A.6, S.A.9, S.A.12, S.A.15– 1.0 mmol L⁻¹ de ácido salicílico nos dias 0,3,6,9,12,15 dias de armazenamento; SAM0.02.0, SAM0.02.3, SAM0.02.6, SAM0.02.9, SAM0.02.12, SAM0.02.15- 1.0 mmol de ácido salicílico + 0.2 mmol de melatonina nos dias 0,3,6,9,12,15 dias de armazenamento; SAM0.05.0, SAM0.05.3, SAM0.05.6, SAM0.05.9, SAM0.05.12, SAM0.05.15- 1.0 mmol de ácido salicílico + 0.05 mmol de melatonina nos dias 0,3,6,9,12,15 dias de armazenamento; SAM0.1.0, SAM0.1.3, SAM0.1.6, SAM0.1.9, SAM0.1.12, SAM0.1.15- 1.0 mmol de ácido salicílico + 1.0 mmol de melatonina nos dias 0,3,6,9,12,15 dias de armazenamento refrigerado.

Vale destacar que os frutos que não receberam tratamentos foram agrupados na PC1- e PC2-, juntamente com os resultados do dia da colheita. Esses resultados demonstram que melatonina aplicada isoladamente pode ser interessante para aumentar os sólidos solúveis, contribuindo para aumento do ratio (PC1+ e PC2) (Figura 7B), enquanto que a combinação com ácido salicílico favorece o metabolismo de compostos fenólicos (PC1+ e PC2+), principalmente flavonoides e antocianinas durante o armazenamento. Melatonina exógena pode resultar numa alta expressão de genes ligados à biossíntese de fenilpropanóides (Wang *et al.*, 2016), tais como PAL (l-fenilalanina amônia liase), CHS (chalcona sintase), CHI (chalcona isomerase), C4H (cinamato 4-hidroxilase), entre outros. Outros estudos também demonstram aumento desses compostos em frutos tratados com melatonina (Aghdam; Fard, 2017; Bal, 2019) armazenados em baixa temperatura.

O uso de melatonina em uvas 'BRS Vitória' promoveu aumento da atividade antioxidante, seja medida via DPPH ou FRAP, isto é, mais que 70% da atividade quando se analisa DPPH (Tabela 3) e em torno de 30%, quando se analisa pelo método do FRAP. Esses resultados são reflexos dos níveis de bioativos. Quando melatonina, em qualquer concentração, é combinada com AS a atividade antioxidante DPPH é aumentada, principalmente aos seis e nove dias de armazenamento refrigerado. Ácido salicílico já tem sido estudado na pós-colheita de frutos (Gomes *et al.*, 2021) e uma das suas ações é na atividade da fenilalanina amônia liase (PAL) (Wang *et al.*, 2015), que está relacionada ao aumento do teor de compostos fenólicos. Dessa forma, a combinação de melatonina com ácido salicílico foi interessante para aumento da atividade antioxidante, entretanto, em comparação com melatonina isolada, os resultados indicam que somente a aplicação da amina biogênica seria suficiente para manutenção da qualidade pós-colheita de uvas 'BRS Vitoria'. Além disso, melatonina também aumenta a tolerância das plantas aos estresses (a)bióticos, ativando o sistema antioxidante e aumentando a eficiência de outros (Li *et al.*, 2022).

O perfil fenólico de uvas 'BRS Vitória' está apresentado na Tabela 4. Com o objetivo de estabelecer um modelo descritivo com os teores de compostos fenólicos (ácidos fenólicos, flavonoides e antocianinas) optou-se por utilizar a PCA para melhor visualização dos resultados. PC1 e PC2 explicaram 72,75% da

variância do conjunto de dados (Figura 6). Os menores teores encontrados a partir do perfil fenólico ocorreram nas uvas que não receberam tratamentos com melatonina e/ou AS (Tabela 2) e foram agrupados na PC1- e PC2-. Na PC1+ foram agrupados os tratamentos com maiores teores, com destaque para aqueles que contém melatonina, associada ou não ao AS. Resultado interessante foi o agrupamento dos dados provenientes do AS, isto é, a maioria dos tratamentos foram agrupados na PC1-.

Os (poli)fenóis identificados são constituídos de ácidos fenólicos, flavonóis, flavan-3-ol e antocianinas. Estes compostos são metabólitos secundários e podem contribuir como bioativos, atuando como antioxidantes, importantes parâmetros de qualidade usados para avaliar o efeito do armazenamento em uvas de mesa. Aos 6 dias após a colheita, independente do tratamento, uvas 'BRS Vitória' mostram os maiores teores de (poli)fenóis (Tabela 4) (perfil), considerando todos os compostos analisados.

Tabela 4 – Perfil de compostos fenólicos, em uva ‘BRS Vitória’ tratadas com melatonina e ácido salicílico

Compostos Fenólicos	Armazenamento/ Dias	CT	MLT (mmol L-1)			AS (mmol L-1)		AS + MLT (mmol L-1)	
			0,02	0,05	0,1	1,0	0,02	0,05	0,1
Ácidos Fenólicos									
Ac. gálico	0	2,45±0,03 Ca	3,18 ± 0,07 Ab	3,08 ± 0,07 Ab	1,51 ± 0,01 Db	2,13 ± 0,02 Cc	1,50 ± 0,05 Dc	2,63 ± 0,01 Bb	2,96 ± 0,03 Aa
	6	2,75±0,01Da	3,11 ± 0,08 Bb	3,20 ± 0,01 Bb	3,20 ± 0,01 Ba	3,44 ± 0,00 Aa	2,87 ± 0,01 Cb	2,94 ± 0,01Ca	2,57 ± 0,04 Db
	15	2,89±0,50 Ca	4,23 ± 0,01 Aa	3,62 ± 0,01 Ba	3,11 ± 0,05 Da	2,62 ± 0,00 Fb	3,42 ± 0,01 Ca	2,91 ± 0,01 Ea	2,85 ± 0,01 Ea
Ac. clorogênico	0	0,09±0,00 Db	0,13 ± 0,00 Bb	0,15 ± 0,00 Aa	0,14 ± 0,01 Bc	0,13 ± 0,00 Cb	0,04 ± 0,00 Eb	0,07 ± 0,00 Dc	0,13 ± 0,00 Cb
	6	0,25±0,00 Ba	0,14 ± 0,00 Db	0,19 ± 0,01 Ca	0,24 ± 0,00 Ba	0,18 ± 0,00 Ca	0,19 ± 0,01 Ca	0,28 ± 0,01 Aa	0,12 ± 0,00 Db
	15	0,08±0,00 Dc	0,24 ± 0,00 Aa	0,20 ± 0,01 Ba	0,20 ± 0,01 Bb	0,10 ± 0,00 Dc	0,20 ± 0,00 Ba	0,15 ± 0,00 Cb	0,14 ± 0,01 Ca
Ac. cafeico	0	0,58±0,00 Fa	1,08 ± 0,01 Ab	1,09 ± 0,01 Ac	0,74 ± 0,01 Eb	0,99 ± 0,02 Bb	0,53 ± 0,00 Fc	0,82 ± 0,01 Dc	0,95 ± 0,01 Cc
	6	0,49±0,00 Fc	0,92 ± 0,00 Ec	1,16 ± 0,01 Db	1,12 ± 0,01 Da	1,32 ± 0,02 Ca	1,43 ± 0,00 Bb	1,53± 0,06 Aa	0,97 ± 0,01 Eb
	15	0,56±0,00 Fb	1,52 ± 0,01 Aa	1,30 ± 0,01 Ca	1,17 ± 0,05 Da	0,83 ± 0,00 Ec	1,44 ± 0,00 Ba	1,37 ± 0,00 Bb	1,18 ± 0,01 Da
Ac. p-cumarico	0	0,62±0,00 Dc	1,08 ± 0,01 Aa	0,85 ± 0,02 Bb	0,76 ± 0,02 Cb	0,81 ± 0,00 Ba	0,40 ± 0,00 Fc	0,57 ± 0,00 Eb	0,63 ± 0,01 Db
	6	1,56±0,00 Ab	0,93 ± 0,01 Cb	1,22 ± 0,00 Ba	1,37 ± 0,05 Aa	0,46 ± 0,02 Eb	0,82 ± 0,01 Da	0,74± 0,02 Da	0,80 ± 0,01 Da
	15	1,79±0,03 Aa	0,74 ± 0,02 Ac	0,79 ± 0,01 Ac	0,54 ± 0,03 Bc	0,31 ± 0,01 Dc	0,54 ± 0,00 Bb	0,43 ± 0,00 Cc	0,56 ± 0,01 Bc
Ac. Trans ferulico	0	1,72±0,00 Da	1,45 ± 0,03 Ec	2,18 ± 0,01 Bc	1,59 ± 0,05 Dc	2,41 ± 0,01 Aa	1,01 ± 0,00 Fc	1,42 ± 0,00 Ec	1,96 ± 0,02 Cb
	6	2,13±0,44 Ca	1,87 ± 0,05 Db	2,61 ± 0,03 Bb	3,58 ± 0,12 Aa	2,21 ± 0,02 Cb	2,48 ± 0,02 Bb	2,39 ± 0,01 Ba	2,19 ± 0,01 Ca
	15	1,69±0,00 Ea	2,79 ± 0,06 Ca	4,07 ± 0,02 Aa	2,79 ± 0,04 Cb	1,76 ± 0,02 Ec	3,03 ± 0,01 Ba	2,22 ± 0,02 Db	1,81 ± 0,02 Ec
Σ	0	5,46	6,92	7,35	4,74	6,47	3,48	5,51	6,63
	6	7,18	6,97	8,38	9,51	7,61	7,79	7,88	6,65
	15	7,01	9,52	9,98	6,21	7,81	8,63	7,08	6,54
Flavonóis/Flavan-3-ol									
Rutina	0	0,68±0,00 Fa	1,29 ± 0,00 Ba	1,37 ± 0,01 Ab	0,95 ± 0,03 Da	0,99 ± 0,02 Db	0,52 ± 0,00 Fc	0,77 ± 0,00 Eb	1,19 ± 0,01 Ca
	6	0,56±0,01 Fb	1,06 ± 0,01 Db	1,45 ± 0,04 Ca	0,79 ± 0,01 Eb	1,79 ± 0,03 Aa	1,61 ± 0,00 Bb	1,61 ± 0,05 Ba	1,12 ± 0,01 Db
	15	0,68±0,00 Fa	1,23 ± 0,01 Ca	0,78 ± 0,01 Ec	0,95 ± 0,01 Da	0,95 ± 0,00 Db	2,23 ± 0,01 Aa	1,58 ± 0,01 Ba	1,20 ± 0,01 Ca
Catequina	0	0,85±0,01 Ea	1,29 ± 0,04 Dc	1,78 ± 0,02 Aa	1,45 ± 0,08 Cb	1,57 ± 0,03 Bb	0,34 ± 0,00 Fc	0,68 ± 0,00 Ec	1,23 ± 0,00 Db
	6	0,78±0,00 Fb	1,54 ± 0,02 Db	1,40 ± 0,02 Db	2,60 ± 0,08 Aa	1,82 ± 0,02 Ca	1,54 ± 0,02 Db	2,03 ± 0,12 Ba	1,06 ± 0,02 Ec

	15	0,75±0,00 Ac	2,57 ± 0,02 Aa	1,81 ± 0,00 Da	2,48 ± 0,07 Ba	0,85 ± 0,02 Gc	2,06 ± 0,02 Ca	1,43 ± 0,00 Eb	1,31 ± 0,00 Fa
Resveratrol	0	7,96±7,96 Eb	15,05 ± 0,35 Ba	12,33 ± 0,10 Cb	10,32 ± 0,04 Db	18,92 ± 0,61 Aa	14,83 ± 0,24 Bb	14,66 ± 0,63 Bb	10,50 ± 0,18 Dc
	6	8,59±0,26 Db	12,57 ± 0,22 Ba	16,56 ± 1,28 Aa	15,57 ± 0,41 Aa	12,73 ± 0,21 Bb	16,72 ± 0,24 Aa	13,18 ± 0,40 Bb	10,88 ± 0,04 Cb
	15	10,06±0,33Ca	13,95 ± 0,96 Ba	16,81 ± 0,73 Aa	10,41 ± 0,16 Cb	10,94 ± 0,49 Cc	14,45 ± 0,38 Bb	17,29 ± 0,59 Aa	11,28 ± 0,04 Ca
Σ	0	9,49	17,63	15,48	12,72	21,48	15,69	16,11	12,92
	6	9,93	15,17	19,41	18,96	16,34	19,87	16,82	13,06
	15	11,49	17,75	19,4	13,84	12,74	18,74	20,3	13,79
Antocianinas									
Cianidina-3-5-diglicosideo	0	57,35±0,67 Db	101,13 ± 1,19 Bb	108,72 ± 1,79 Ac	95,75 ± 1,95 Cc	100,73 ± 1,42 Bb	31,64 ± 0,10 Ec	56,45 ± 0,34 Db	100,98 ± 0,38 Bb
	6	133,72±0,09 Ga	91,73 ± 0,02 Ec	116,14 ± 0,39 Cb	158,12 ± 1,15 Aa	139,67 ± 0,61 Ba	140,27 ± 0,39 Bb	110,06 ± 0,00 Da	87,38 ± 0,11 Fc
	15	57,40±1,07 Gb	183,95 ± 0,80 Aa	151,76 ± 0,50 Ba	124,39 ± 3,78 Bb	71,50 ± 0,13 Dc	144,61 ± 0,12 Cb	110,59 ± 0,25 Ca	112,14 ± 0,92 Ca
Delfinida-3-O-diglicosideo	0	39,55±0,08 Ea	55,46 ± 0,26 Bc	49,62 ± 2,41 Cc	44,06 ± 1,81 Db	62,30 ± 0,57 Ab	19,19 ± 0,03 Fc	30,35 ± 0,76 Ec	52,65 ± 0,49 Cb
	6	31,60±2,32 Eb	60,04 ± 0,30 Db	73,39 ± 1,30 Cb	103,44 ± 2,09 Aa	82,12 ± 0,40 Ba	76,41 ± 0,05 Cb	82,42 ± 0,00 Ba	58,20 ± 1,99 Da
	15	38,85±0,08 Ga	110,93 ± 0,27 Aa	86,04 ± 0,80 Ca	103,43 ± 2,13 Ba	43,18 ± 1,89 Fc	89,57 ± 2,16 Ca	66,38 ± 0,24 Db	57,83 ± 0,10 Ea
Pelargonidina-3-O-glicosideo	0	5,87±0,47 Ea	10,74 ± 0,21 Cb	12,62 ± 0,11 Bb	18,09 ± 1,06 Ab	12,84 ± 0,12 Bb	3,41 ± 0,02 Fc	6,50 ± 0,10 Ec	8,65 ± 0,15 Db
	6	6,63±0,10 Ea	10,26 ± 0,20 Db	12,37 ± 0,31 Cb	21,20 ± 0,34 Aa	16,71 ± 1,30 Ba	15,78 ± 0,10 Ba	11,50 ± 0,00 Cb	9,03 ± 0,06 Db
	15	6,55±0,43 Da	18,03 ± 0,80 Aa	15,77 ± 0,53 Ba	15,69 ± 1,27 Bb	7,93 ± 0,04 Dc	14,16 ± 0,31 Cb	14,32 ± 0,60 Ca	13,23 ± 0,68 Ca
Malvidina-3-5-diglicosideo	0	74,22±0,67Ga	138,82 ± 1,18 Bb	149,73 ± 0,23 Ac	98,77 ± 2,29 Eb	112,84 ± 0,06 Db	56,69 ± 0,26 Gc	84,01 ± 0,33 Fc	125,52 ± 0,53 Ca
	6	72,26±0,34 Ga	120,69 ± 0,48 Fc	166,63 ± 1,38 Cb	153,28 ± 2,78 Da	190,58 ± 1,57 Aa	170,67 ± 0,31 Bb	164,62 ± 0,16 Ca	126,36 ± 0,39 Ea
	15	69,90±1,79 Ha	199,92 ± 2,09 Ba	179,84 ± 0,03 Ca	132,25 ± 2,87 Ec	83,91 ± 0,37 Gc	214,06 ± 1,49 Aa	148,09 ± 0,35 Db	123,43 ± 0,65 Fb
Peonidina3-O-glicosideo	0	5,82±0,30 Ca	14,50 ± 0,48 Aa	13,77 ± 0,35 Ab	6,54 ± 0,45 Cc	9,99 ± 0,08 Bb	2,96 ± 0,01 Dc	13,20 ± 0,34 Aa	9,33 ± 0,04 Bb
	6	5,52±0,21 Ea	11,19 ± 0,23 Bc	8,59 ± 0,23 Dc	9,93 ± 0,31 Cb	19,06 ± 0,14 Aa	10,78 ± 0,14 Bb	9,32 ± 0,08 Cc	10,80 ± 0,19 Ba
	15	5,07±0,02 Fa	13,38 ± 0,14 Cb	15,90 ± 0,06 Aa	13,64 ± 0,14 Ca	9,72 ± 0,02 Eb	14,36 ± 0,26 Ba	12,45 ± 0,15 Db	9,69 ± 0,47 Eb
Malvidina-3-O-glicosideo	0	65,00±0,50 Ga	116,06 ± 0,47 Bb	119,54 ± 0,06 Ac	80,90 ± 1,58 Fc	91,58 ± 0,49 Db	62,86 ± 0,00 Gb	86,50 ± 0,55 Ec	100,46 ± 1,13 Cc
	6	58,41±0,24 Gb	103,38 ± 0,08 Fc	147,30 ± 0,49 Aa	120,28 ± 1,52 Da	132,34 ± 1,26 Ca	143,03 ± 0,87 Ba	145,63 ± 0,88 Aa	114,87 ± 0,67 Ea
	15	64,20±0,61 Ga	148,76 ± 0,82 Aa	141,89 ± 0,11 Bb	103,73 ± 0,29 Eb	76,09 ± 0,60 Fc	141,90 ± 0,89 Ba	130,08 ± 0,36 Cb	108,35 ± 1,14 Db
Σ	0	247,81	436,71	454,00	344,11	390,28	176,75	277,01	397,59
	6	308,14	397,29	524,42	566,25	580,48	556,94	523,55	406,64
	15	241,97	674,97	591,20	493,13	292,33	618,66	481,91	424,67

*Os dados são apresentados como valores médios ± desvio padrão (DP), e as diferentes letras (maiúscula – linha; minúscula – coluna) indicam que são significativamente diferentes de acordo com o teste de Scott-Knott (P < 0,05).

Ácido gálico foi o composto majoritário, seguido de *t*-ferulico, em uvas tratadas apenas com melatonina. A atividade antioxidante dos compostos fenólicos é atribuída, principalmente, ao número e a posição das hidroxilas fenólicas (Rodriguez-Bonilla *et al.*, 2017), bem como os grupos metoxi e ácido carboxila (Farhoosh *et al.*, 2016). Os níveis de ácido gálico podem conferir maior qualidade bioativa, importante contribuição nas ‘BRS Vitoria’ tratadas com melatonina, pois esse ácido benzóico apresenta maior atividade antioxidante comparado com outros (poli)fenóis, como catequina por exemplo, que contém cinco radicais hidroxilas ou rutina, com 4 radicais hidroxilas (Rice –Evans *et al.*, 1996). Ao final do armazenamento, uvas tratadas com 0.02 mmol de melatonina apresentaram maior teor de ácido gálico (PC1+ e PC2-), ácido clorogênico, ácido caféico, e ácido *p*-cumárico. A aplicação de melatonina pode promover aumento no conteúdo de compostos como aminoácidos, antocianinas, fenóis, flavonóides em uvas de mesa na pós-colheita, como descrito anteriormente em outros frutos (Wang *et al.*, 2020; Pang *et al.*, 2020). Por outro lado, pode ocorrer diminuição no conteúdo, como encontrado em pêssago (Kucuker *et al.*, 2023). A aplicação na pré-colheita de AS foi eficaz em induzir ácidos fenólicos no dia da colheita. Entretanto, durante o armazenamento, a combinação com melatonina foi mais eficaz. Em uvas de mesa ‘Niágara Rosada’ tratadas com AS, esses ácidos fenólicos também foram os principais compostos encontrados e com valores acima dos frutos não tratados (Gomes *et al.*, 2021).

Melatonina exógena parece ter influenciado positivamente e com maior intensidade a formação de quercetina, enquanto que a combinação com ácido salicílico favoreceu maiores níveis de rutina. Tanto quercetina, como rutina, aparecem em níveis menores dos encontrados em *V. vinífera* (Iacopini *et al.*, 2008), mas próximos aos descritos por Gomes *et al.* (2021), em ‘Niagara Rosada’ (*V. labrusca*) tratadas com AS. Certamente, o perfil de compostos fenólicos é afetado pelo genótipo, entre outros fatores bióticos ou abióticos.

Entre os flavonoides, resveratrol foi o composto que apareceu em maiores níveis. Os valores de *t*-resveratrol variaram entre 7,96 (controle no dia da colheita) à 18,92 ug/100 g (dia da colheita e tratado com AS). Durante o armazenamento refrigerado, os tratamentos que apresentaram os maiores teores deste composto foram os cachos tratados com 0.05 mmol de M, bem como, a sua combinação com AS (16,81 e 17,29 µg/100 g, respectivamente).

Este resultado é interessante, pois essas uvas também apresentaram qualidade comercial até o décimo quinto dia de armazenamento. O conteúdo de resveratrol encontrado também se destaca nas uvas tratadas com M e/ou AS, com resultados superiores aos descritos por Colombo *et al.* (2020), em 'BRS Vitória' e próximo ao encontrado em 'Bordô' por Lago-Venzela *et al.* (2011). Esse dado pode ser um indicativo importante para possível utilização de melatonina e AS neste genótipo. Vale ressaltar que apesar da menor produtividade da uva tratada apenas com 0.05 mmol de M (36,87 ton/ha), essa mesma dosagem combinada com AS, além de apresentar bons níveis de produtividade (50.79 ton/ha), mostra valores consideráveis de resveratrol, mesmo ao final do armazenamento. O resveratrol é o estilbeno de maior relevância em uvas e desempenha papel crucial na resposta fisiológica, conferindo proteção às células (Valletta; Ioliza; Leonelli, 2021). Além dessas características, o resveratrol apresenta atividade antifúngica, e em relação aos estilbenos da videira, o resveratrol e o pterostilbeno, dois monómeros, são tóxicos para *B. cinerea* (mofo cinzento), principal fungo responsável pela decomposição de frutos de videiras (Langcake, 1981). Embora tenha ocorrido variações nos teores dos ácidos fenólicos e flavonoides analisados, nota-se que melatonina exógena foi eficaz na manutenção de flavonóides individuais durante o armazenamento pós-colheita (Tabela 4).

Os cachos do tratamento controle apresentaram diminuição gradual no conteúdo fenólico total de 262,76 µg/100 g (no início) para 260,47 µg/100 g (no final do armazenamento). No entanto, o tratamento com M suprimiu o declínio (Tabela 4). Durante todo o armazenamento, no tratamento com melatonina houve redução da perda de compostos fenólicos totais em até 63% em comparação com o controle.

No total, seis antocianinas foram detectadas em uvas 'BRS Vitoria' com diferenças significativas. O tempo de armazenamento afetou os níveis e das antocianinas. No dia da colheita, tanto malvidina 3-O-glicosídeo (3-O-glu), como malvidina 3-5-diglicosídeo (3,5-diglu) aparecerem em maiores teores, independente do tratamento pré-colheita. Outros estudos também evidenciam malvidina e seus derivados como antocianinas majoritárias em uvas (Hermosín-Gutiérrez *et al.*, 2020). Entretanto, doses menores de melatonina induziram maiores níveis de ambas antocianinas. Malvidina e seus derivados são

encontradas em uvas (mesa, sucos e vinhos), apresentam grupos metoxi (-OMe) e mostram maior eficácia como antioxidante, comparado com outros compostos, como vitamina C, vitamina E e β -caroteno (Rice –Evans *et al.*, 1996). Malvidina também confere cor vermelha às uvas, intensificado pela metilação dos grupos hidroxila (He *et al.*, 2010). Os níveis de malvidina (3-O-glu e 3,5-diglu) detectados em uvas ‘BRS Vitoria’ parece ser característica genótipo-dependente, além de ser influenciada por condições de cultivo, mas que proporciona a cor vermelho escuro aos frutos. Cachos tratados com doses menores que 0.1 mmol de melatonina, isolada ou associada ao AS, durante o armazenamento refrigerado, mostram maiores níveis de malvidina, o que pode ser uma característica interessante que contribui para aumento da vida de prateleira, além de ser fonte de antioxidante para a saúde. Malvidina e seus glicosídeos têm sido descritas pelas suas características como prevenção de doenças cardiovasculares, controle da diabetes, anticâncer, entre outras (Merecz-Sadowska *et al.*, 2023).

Malvidina -3,5-diglicosídeo foi o componente majoritário (214,06 $\mu\text{g}/100\text{g}$), no tratamento de M+AS (0.02 mmol L⁻¹), seguidas de cianidina -3,5-diglicosídeo (183,95 $\mu\text{g}/100\text{g}$), malvidina -3-O-glicosídeo (148,76 $\mu\text{g}/100\text{g}$), delphinidina-3-O-diglicosídeo (110,93 $\mu\text{g}/100\text{g}$), pelargonidina -3-O-glicosídeo (18,05 $\mu\text{g}/100\text{g}$), peonodina-3-O-glicosídeo (15,90 $\mu\text{g}/100\text{g}$), respectivamente.

Cianidina 3,5-diglicosídeo também aparece em níveis altos, comparado as demais antocianinas detectadas em ‘BRS Vitoria’. Pelos resultados (Tabela 4), o tratamento pré-colheita com melatonina influenciou na preservação desse composto durante o armazenamento e foram agrupados na PC1+. Esse resultado também é observado quando se analisa delphinidina-3-O-glicosídeo, pelargonidina 3-O-glicosídeo e peonidina 3-O-glicosídeo. Tanto cianidina, como delphinidina, contém estrutura *o*-difenoil no anel B e são mais sensíveis à oxidação (He *et al.*, 2010). Apesar disso, tanto cianidina, como peonidina e pelargonidina, presentes em ‘BRS Vitoria’ exibem efeitos antiinflamatórios. De acordo com Fang *et al.* (2015), a ingestão de cianidina 3-glicosídeo e pelargonidina 3- glicosídeo produzem ácido protocatecuico e ácido 4-hidroxibenzoico, respectivamente, que atuam como antiinflamatórios e antioxidantes.

3.4 CONCLUSÃO

A aplicação exógena isolada de melatonina na menor concentração (0.02 mmol) reduziu o índice de degrana, podridão, perda de massa e mantiveram o teor de compostos fenólicos totais e a capacidade antioxidante das uvas, e quando a melatonina estava aliada ou não ácido salicílico, também foi eficiente para diminuir a perda de massa, bem como reduzir o efeito de agentes patogênicos, relacionados a podridão. Além disso, este tratamento promoveu o aumento do teor de compostos fenólicos totais, assim como aumento da atividade antioxidante desses frutos e apresentou maior retenção de SS e AT. No entanto, para perda de peso a melhor dose foi 0.1 mmol M e a sua combinação com AS. A dose de 0.02 mmol M pode ser recomendável quando o objetivo é aumentar o conteúdo de compostos fenólicos.

A concentração de antocianinas na 'BRS Vitória' foi correlacionada positivamente com a atividade antioxidante total e 0.02 mmol de melatonina isolado ou em combinação com AS pode manter a vida de prateleira da uva de mesa. A aplicação pré-colheita de AS foi eficiente na manutenção da atividade antioxidante no período pós-colheita. Todos os tratamentos com melatonina melhoraram sinergicamente o teor de antocianinas das uvas 'BRS Vitória' desde o primeiro dia de armazenamento até o 15º dia.

Nossos resultados sugerem que a melatonina (0.02 mmol) aplicada na pré-colheita de uvas 'BRS Vitória' pode ser considerada uma técnica promissora para manter a qualidade pós-colheita.

REFERÊNCIAS

- AGHDAM, M. S.; FARD, J. R. Melatonin treatment attenuates postharvest decay and maintains nutritional quality of strawberry fruits (*Fragaria × anannasa* cv. Selva) by enhancing GABA shunt activity. **Food Chemistry**, v. 221, p. 1650–1657, 15 abr. 2017.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. LATIMER, G. W.; HORWITZ, WILLIAM. **Official methods of analysis of AOAC international**. [s.l.] AOAC International, 2006.
- BAL, E. Physicochemical changes in ‘Santa Rosa’ plum fruit treated with melatonin during cold storage. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 13, n. 3, p. 1713–1720, 15 set. 2019.
- BAN, Zhaojun et al. Potential role of exogenous melatonin involved in postharvest quality maintenance of *Vitis labrusca* × *vinifera* ‘Kyoho’. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 103, n. 13, p. 6243-6251, 2023.
- BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Analytical biochemistry*, v. 239, n. 1, p. 70-76, 1996.
- BATISTA-SILVA, Willian et al. Modificações nos perfis de ácidos orgânicos durante o desenvolvimento e amadurecimento dos frutos: correlação ou causalidade?. **Fronteiras na Ciência Vegetal**, v. 416868, 2018.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. L. W. T. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT-Food science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.
- CAO, Jiankang; ZENG, Kaifang; JIANG, Weibo. Aumento da resistência a doenças pós-colheita em frutos de pera Ya Li (*Pyrus bretschneideri*) por meio de pulverizações de ácido salicílico nas árvores durante o crescimento dos frutos. **Jornal Europeu de patologia vegetal**, v. 363-370, 2006.
- CAO, S. et al. Role of Melatonin in Cell-Wall Disassembly and Chilling Tolerance in Cold-Stored Peach Fruit. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 66, n. 22, p. 5663–5670, 6 jun. 2018.
- COLOMBO, Ronan Carlos et al. Analysis of the phenolic composition and yield of ‘BRS Vitoria’ seedless table grape under different bunch densities using HPLC–DAD–ESI-MS/MS. **Food research international**, v. 130, p. 108955, 2020.
- CHEN, Y. et al. Exogenous Melatonin Attenuates Post-Harvest Decay by Increasing Antioxidant Activity in Wax Apple (*Syzygium samarangense*). **Frontiers in Plant Science**, v. 11, 11 set. 2020.

DARWISH, O. S. et al. Pre-harvest application of salicylic acid, abscisic acid, and methyl jasmonate conserve bioactive compounds of strawberry fruits during refrigerated storage. **Horticulturae**, v. 7, n. 12, p. 568, 2021.

DEBNATH, B. et al. Melatonin mediates enhancement of stress tolerance in plants. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 20, n. 5, P. 1040, 2019.

DENG, J. et al. Nano-silver-containing polyvinyl alcohol composite film for grape fresh-keeping. **Materials Express**, v. 9, n. 9, p. 985–992, 1 dez. 2019.

DESOKY, El-Sayed M. et al. Foliar supplementation of clove fruit extract and salicylic acid maintains the performance and antioxidant defense system of *Solanum tuberosum* L. under deficient irrigation regimes. **Horticulturae**, v. 7, n. 11, p. 435, 2021.

EL-TAYEB, M. A.; EL-ENANY, A. E.; AHMED, N. L. Salicylic acid-induced adaptive response to copper stress in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Plant Growth Regulation**, v. 50, p. 191-199, 2006.

FAN, S. et al. Melatonin treatment improves postharvest preservation and resistance of guava fruit (*Psidium guajava* L.). **Foods**, v. 11, n. 3, p. 262, 2022.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, database statistical. 2022. Disponível em <http://fao.org>, acessado em Julho de 2023.

FANG, Jim. Classification of fruits based on anthocyanin types and relevance to their health effects. **Nutrition**, v. 31, n. 11-12, p. 1301-1306, 2015.

FARH, Mohamed El-Agamy; ABDELLAOUI, Najib; SEO, Jeong-Ah. pH changes have a profound effect on gene expression, hydrolytic enzyme production, and dimorphism in *Saccharomycopsis fibuligera*. **Frontiers in Microbiology**, v. 12, p. 672661, 2021.

FARHOOSH, Reza et al. Structure–antioxidant activity relationships of o-hydroxyl, o-methoxy, and alkyl ester derivatives of p-hydroxybenzoic acid. **Food chemistry**, v. 194, p. 128-134, 2016.

FENG, Ningning et al. Um modelo integrativo para compreender a confiança e a disposição dos consumidores em comprar frutas frescas importadas nas áreas urbanas da China. ↑ **British Food Journal** , v. 6, pág. 2216-2234, 2021.

GAO, H. et al. Melatonin treatment reduces chilling injury in peach fruit through its regulation of membrane fatty acid contents and phenolic metabolism. **Food Chemistry**, v. 245, p. 659–666, 15 abr. 2018.

GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. **Current protocols in food analytical chemistry**, 2001.

GOMES, D. **Efeitos da vibração na qualidade da uva 'Niagara Rosada'**. Campinas, SP. 112 p. Dissertação (mestrado), Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. 2006

GOMES, E. P. et al. Preharvest salicylic acid treatments improve phenolic compounds and biogenic amines in 'Niagara Rosada' table grape. **Postharvest Biology and Technology**, v. 176, 1 jun. 2021.

HE, Fei et al. Biosynthesis of anthocyanins and their regulation in colored grapes. **Molecules**, v. 15, n. 12, p. 9057-9091, 2010.

HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, Isidro et al. Vitis vinifera Turkish grape cultivar Karaerik. Part I: anthocyanin composition, and identification of a newly found anthocyanin. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 100, n. 3, p. 1301-1310, 2020.

HERNÁNDEZ-RUIZ, J.; ARNAO, M. B. Relationship of melatonin and salicylic acid in biotic/abiotic plant stress responses. **Agronomy**, v. 8, n. 4, p. 33, 2018.

HANIF, A. et al. Postharvest application of salicylic acid reduced decay and enhanced storage life of papaya fruit during cold storage. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 14, p. 3078-3088, 2020.

HU, W. et al. Comparative physiological and transcriptomic analyses reveal the actions of melatonin in the delay of postharvest physiological deterioration of cassava. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, n. MAY2016, 27 maio 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola 2020**. Brasília, 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 21 jul. 2023.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 4. ed. 1. ed. digital. São Paulo: IMESP, 2008.

KUCUKER, Emine et al. Physiological effects of melatonin on polyphenols, phenolic compounds, organic acids and some quality properties of peach fruit during cold storage. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 18, n. 1, p. 823-833, 2024.

LANGCAKE, P.; IRVINE, J. A.; JEGER, M. J. Alternative chemical agents for controlling plant disease. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences**, p. 83-101, 1981.

LAGO-VANZELA, Ellen Silva et al. Phenolic composition of the edible parts (flesh and skin) of Bordô grape (Vitis labrusca) using HPLC–DAD–ESI-MS/MS. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 59, n. 24, p. 13136-13146, 2011.

LI, Z. et al. Exogenous Melatonin Treatment Induces Disease Resistance against *Botrytis cinerea* on Post-Harvest Grapes by Activating Defence Responses. **Foods**, v. 11, n. 15, 1 ago. 2022.

LIANG, B. et al. Long-term exogenous application of melatonin improves nutrient uptake fluxes in apple plants under moderate drought stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 155, p. 650–661, 1 nov. 2018.

LIU, C. et al. Effects of melatonin treatment on the postharvest quality of strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 139, p. 47–55, 1 maio 2018.

MA, Q. et al. Melatonin attenuates postharvest physiological deterioration of cassava storage roots. **Journal of Pineal Research**, v. 60, n. 4, p. 424–434, 1 maio 2016.

MAIA, J. D. G. et al. 2016. 'BRS Vitória' – Uva para mesa, sem sementes, de sabor especial e tolerante ao míldio recomendações agrônômicas para a região de Campinas, São Paulo. **Circular Técnica 129** ISSN 1516-5914. Bento Gonçalves, RS.

MANTEAU, Sebastien et al. Differential regulation by ambient pH of putative virulence factor secretion by the phytopathogenic fungus *Botrytis cinerea*. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 43, n. 3, p. 359-366, 2003.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2002. Lei nº 9.972, de 25 de maio de 2000. Dispõe sobre características de Identidade e de Qualidade para fins de classificação da Uva Fina de Mesa destinada ao consumo in natura.

MARTÍNEZ-CAMACHO, Joel Ernesto et al. Delayed senescence and marketability index preservation of blackberry fruit by preharvest application of chitosan and salicylic acid. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 796393, 2022.

MERECZ-SADOWSKA, Anna et al. Food anthocyanins: Malvidin and its glycosides as promising antioxidant and anti-inflammatory agents with potential health benefits. **Nutrients**, v. 15, n. 13, p. 3016, 2023.

NASSER, M. A. et al. Postharvest Exogenous Melatonin Treatment of Table Grape Berry Enhances Quality and Maintains Bioactive Compounds during Refrigerated Storage. **Horticulturae**, v. 8, n. 10, 1 out. 2022.

NATIVIDADE, M. M. PEREIRA; CORRÊA, L. C.; de SOUZA, S. V. C.; PEREIRA, G. E.; LIMA, L. C. O. Simultaneous analysis of 25 phenolic compounds in grape juice for HPLC: **Method validation and characterization of São Francisco Valley samples**. *Microchemical Journal*, v. 110, p. 665-674, 2013.

NIA, Abdollah Ehtesham; TAGHIPOUR, Shirin; SIAHMANSOUR, Sara. Effects of salicylic acid preharvest and Aloe vera gel postharvest treatments on quality maintenance of table grapes during storage. **South African journal of botany**, v. 147, p. 1136-1145, 2022.

PANG, Lingling et al. Insights into exogenous melatonin associated with phenylalanine metabolism in postharvest strawberry. **Postharvest Biology and Technology**, v. 168, p. 111244, 2020.

PÉREZ-LLORCA, M. et al. **Biosynthesis, metabolism and function of auxin, salicylic acid and melatonin in climacteric and non-climacteric fruits**. **Frontiers in Plant Science**, Frontiers Media S.A., 7 mar. 2019.

POPOVA, M. et al. Validated methods for the quantification of biologically active constituents of poplar-type propolis. **Phytochemical Analysis: An International Journal of Plant Chemical and Biochemical Techniques**, v. 15, n. 4, p. 235-240, 2004.

RICE-EVANS, Catherine A.; MILLER, Nicholas J.; PAGANGA, George. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. **Free radical biology and medicine**, v. 20, n. 7, p. 933-956, 1996.

ROBERTO, S. R. et al. Berry-cluster thinning to prevent bunch compactness of “BRS Vitoria”, a new black seedless grape. **Scientia Horticulturae**, v. 197, p. 297–303, 14 dez. 2015.

RODRÍGUEZ-BONILLA, Pilar et al. Comparative study of the antioxidant capacity of four stilbenes using ORAC, ABTS+, and FRAP techniques. **Food Analytical Methods**, v. 10, p. 2994-3000, 2017.

SINGH, A. et al. Recent advancement in postharvest loss mitigation and quality management of fruits and vegetables using machine learning frameworks. **Journal of Food Quality**, v. 2022, p. 1-9, 2022.

SINGLETON, Vernon L.; ROSSI, Joseph A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

SUN, Y. et al. Melatonin treatment improves the shelf-life and postharvest quality of table grape (*Vitis labrusca* L. cv. 'Fengzao'). **Journal of Berry Research**, v. 10, n. 4, p. 665-676, 2020.

TECCHIO, M. A. et al. Efeito do ácido naftalenoacético e do cloreto de cálcio na redução das perdas pós-colheita em uva 'Niagara Rosada'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, p. 53-61, 2009.

VALLETTA, Alessio; IOZIA, Lorenzo Maria; LEONELLI, Francesca. Impact of environmental factors on stilbene biosynthesis. **Plants**, v. 10, n. 1, p. 90, 2021.

WANG, Lei et al. Role of exogenous melatonin involved in phenolic metabolism of *Zizyphus jujuba* fruit. **Food Chemistry**, v. 341, p. 128268, 2021.

- WANG, L. et al. Role of exogenous melatonin in table grapes: First evidence on contribution to the phenolics-oriented response. **Food chemistry**, v. 329, p. 127155, 2020.
- WANG, F. et al. Exogenous melatonin delays postharvest fruit senescence and maintains the quality of sweet cherries. **Food Chemistry**, v. 301, 15 dez. 2019.
- WANG, Z. et al. The effect of exogenous salicylic acid on antioxidant activity, bioactive compounds and antioxidant system in apricot fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 181, p. 113–120, 2 jan. 2015.
- WANG, Guang et al. Regulation of the phenylpropanoid pathway: a mechanism of selenium tolerance in peanut (*Arachis hypogaea* L.) seedlings. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 64, n. 18, p. 3626-3635, 2016.
- XIA, H. et al. Melatonin application improves berry coloration, sucrose synthesis, and nutrient absorption in ‘Summer Black’ grape. **Food Chemistry**, v. 356, p. 129713, 2021.
- XU, T.; CHEN, Y. KANG, H. **Melatonin Is a Potential Target for Improving Post-Harvest Preservation of Fruits and Vegetables. Frontiers in Plant Science** Frontiers Media S.A., 30 out. 2019.
- YUAN, Li-fang et al. Acidic environment favors the development and pathogenicity of the grape white rot fungus *Coniella vitis*. **Journal of Integrative Agriculture**, 2024.
- YUE, X. et al. Application of salicylic acid to cv. Muscat Hamburg grapes for quality improvement: Effects on typical volatile aroma compounds and anthocyanin composition of grapes and wines. **LWT**, v. 182, p. 114828, 2023.
- ZHANG, H. et al. Treatment with exogenous salicylic acid maintains quality, increases bioactive compounds, and enhances the antioxidant capacity of fresh goji (*Lycium barbarum* L.) fruit during storage. **LWT**, v. 140, 1 abr. 2021.
- ZHANG, Jing et al. Melatonin suppression of heat-induced leaf senescence involves changes in abscisic acid and cytokinin biosynthesis and signaling pathways in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). **Environmental and Experimental Botany**, v. 138, p. 36-45, 2017.
- ZHANG, N. et al. Melatonin improved anthocyanin accumulation by regulating gene expressions and resulted in high reactive oxygen species scavenging capacity in cabbage. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, n. MAR2016, 23 mar. 2016.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A alta variabilidade na resposta às aplicações do ácido salicílico e da melatonina, dependente de múltiplos fatores que requerem considerações na prática. A melatonina e o ácido salicílico desempenham papéis benéficos na regulação positiva de genes de defesa pós-colheita, na atividade antioxidante e no aumento dos níveis de compostos fenólicos. Além disso, sob as condições climáticas em que foram estudados, esses compostos contribuíram para um ciclo intermediário e uma boa produtividade de uvas mesa sob condições subtropicais.

A 'BRS Vitória' tornou-se o principal modelo de estudo de fruta não climatérica e, o foco desta pesquisa foi entender o papel desses elicitores de forma isolada ou combinada nos frutos para compreender como seria seu comportamento para lidar com as condições de armazenamento. É claramente importante estudar mais aprofundadamente os mecanismos bioquímicos, estresses abióticos associados ao atual contexto de alterações climáticas, condições de cultivo, ciclos de produção, genética das plantas, otimização da frutificação, maturação e as características de qualidade dos frutos. No entanto, isso requer o desenvolvimento de protocolos eficientes. Vale ressaltar que embora não seja uma metodologia simples e exija controles adequados, pode ser realizada diretamente em uva.

A aplicação exógena de melatonina em sua menor dose, nesta pesquisa permitiu redução no dano oxidativo, diminuições no índice de degrana e podridão das bagas e a perda de massa fresca nos frutos após a colheita. Sendo um bioestimulante natural, a melatonina pode ser recomendada para melhorar a qualidade pós-colheita de diferentes espécies frutíferas e vegetais.

Apesar de pesquisas indicarem que a melatonina pode ser utilizada para controlar o metabolismo pós-colheita em plantas, os mecanismos específicos de sua atuação e os processos subjacentes, ainda não estão completamente elucidados. Mais pesquisas são necessárias para elucidar esses mecanismos. Devido à sua natureza não tóxica e biodegradável, a melatonina pode ser empregada no apoio à agricultura orgânica. Portanto, a melatonina tem um papel multifacetado no manejo pós-colheita, contribuindo para a manutenção da qualidade dos frutos.

REFERÊNCIAS

- ABRAS. 2019. Brasil desperdiça 23,6 milhões de toneladas de alimentos por ano. <https://www.abras.com.br/clipping/geral/69338/brasil-desperdica-236-milhoes-de-toneladas-de-alimentos-por-ano> (Accessed July 2024).
- ABRAS. 2021. 21º Avaliação de Perdas no varejo brasileiro de supermercados. <https://static.abras.com.br/pdf/perdas2021.pdf> (Acessado em julho de 2024).
- ARNAO, Marino B.; HERNÁNDEZ-RUIZ, Josefa. Melatonin: a new plant hormone and/or a plant master regulator? **Trends in Plant Science**, v. 24, n. 1, p. 38-48, 2019.
- AGHDAM, A. M. S.; JANNATIZADEH, Z.; LUO, G. Paliyath Ensuring sufficient intracellular ATP supplying and friendly extracellular ATP signaling attenuates stresses, delays senescence and maintains quality in horticultural crops during postharvest life. **Trends in Food Science & Technology**, v. 76, p. 67-68, 2018.
- COLOMBO, R. C. et al. Analysis of the phenolic composition and yield of 'BRS Vitoria' seedless table grape under different bunch densities using HPLC–DAD–ESI-MS/MS. **Food Research International**, v. 130, p. 108955, 2020.
- DONG, B. et al. Exogenous melatonin maintains quality of postharvest *Rosa roxburghii* fruit by modulating reactive oxygen species metabolism and energy status. **Scientia Horticulturae**, v. 304, p. 111346, 2022.
- ENNAB, H. A.; EL-SHEMY, M. A.; ALAM-ELDEIN, S. M. Salicylic acid and putrescine to reduce post-harvest storage problems and maintain quality of murcott mandarin fruit. **Agronomy**, v. 10, n. 1, p. 1-15, 2020.
- FARCUH, M. et al. Hormone balance in a climacteric plum fruit and its non-climacteric bud mutant during ripening. **Plant Science**, v. 280, p. 51-65, 2019.
- FENN, Matthew A.; GIOVANNONI, James J. Phytohormones in fruit development and maturation. *The Plant Journal*, v. 105, n. 2, p. 446-458, 2021.
- GIOVANNONI, Jim. Molecular biology of fruit maturation and ripening. *Annual review of plant biology*, v. 52, n. 1, p. 725-749, 2001.
- HASSAN, H. A.; AL-RAWI, M. M. Grape seeds proanthocyanidin extract as a hepaticreno-protective agent against gibberellic acid induced oxidative stress and cellular alterations. **Cytotechnology**, v. 65, p. 567-576, 2013.
- IBRAHIM, Mohamed FM et al. Melatonin counteracts drought induced oxidative damage and stimulates growth, productivity and fruit quality properties of tomato plants. **Plants**, v. 9, n. 10, p. 1276, 2020.
- JIANG, Y.; SAM, F. E.; LI, J.; BI, Y.; MAE, T.; ZHANG, B. Pre-Harvest benzothiadiazole spraying promotes the cumulation of phenolic compounds in grapes. **Foods**, v. 11, n. 21, p. 1-16, 2022.
- MAIA, J. D. G. et al. 'BRS Vitória' – Uva para Mesa, sem Sementes, de Sabor Especial e Tolerante ao Míldio. **Comunicado Técnico da Embrapa Uva e Vinho**, Bento Gonçalves, n. 129, 2016.

MELLO, L. M. R.; MACHADO, C. A. E. Vitivinicultura brasileira: panorama 2020. **Comunicado Técnico da Embrapa Uva e Vinho**, Bento Gonçalves, n. 223, 2021.

MOHAMAD, A. A.; AL-ZEHOURI, J. The effect of the boiling process on the oxalic acid content of some vegetables in the Syrian local market. **Pharmacy and Technology Research Journal**, v. 14, n. 10, p. 5341-5344, 2021.

DE MORAES, Camila Colombo et al. Causes and prevention practices of food waste in fruit and vegetable supply chains: How is Brazil dealing with these issues?. **Waste Management**, v. 154, p. 320-330, 2022.

OLIVEIRA, G. L. et al. Genetic structure and molecular diversity of Brazilian grapevine germplasm: Management and use in breeding programs. **Plos One**, v. 15, n. 10, p. 1-26, 2020.

SIMONE, Nicola et al. Botrytis cinerea and table grapes: A review of the main physical, chemical, and bio-based control treatments in post-harvest. **Foods**, v. 9, n. 9, p. 1138, 2020.

SHI, Caiyun et al. Anthocyanin accumulation and molecular analysis of correlated genes by metabolomics and transcriptomics in sister line apple cultivars. **Life**, v. 12, n. 8, p. 1246, 2022.

SOUZA, R. T. et al. Frequency of fungicide application for controlling downy mildew in seedless grape plant 'BRS Vitória'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 3, p. 1-7, 2018.

WANG, J. et al. The effects of salicylic acid on quality control of horticultural commodities. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v. 50, n. 2-3, p. 99-117, 2022.

WANG, L. et al. Role of exogenous melatonin in table grapes: First evidence on contribution to the phenolics-oriented response. **Food Chemistry**, v. 329, p. 1-9, 2020.

ZHANG, Z. et al. Nitric oxide treatment maintains postharvest quality of table grapes by mitigation of oxidative damage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 152, p. 9-18, 2019.

ZILIO, R. A. et al. Cultivo protegido das uvas de mesa sem sementes 'BRS Vitória' e 'BRS Isis' na região da Serra Gaúcha. **Circular Técnico da Embrapa Uva e Vinho**, Bento Gonçalves, n. 143, 2019.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Cachos de ‘BRS Vitoria’ pulverizados na pré-colheita



APÊNDICE B – Cachos de ‘BRS Vitória’ de acordo com o tratamento**APÊNDICE C – Cachos de uvas ‘BRS Vitória’ embalados em bandejas de polipropileno recobertas com plástico-filme (PVC).**

APÊNDICE D – Cromatograma do Perfil de compostos fenólicos de uva ‘BRS Vitória’

