



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS
GENÉTICOS VEGETAIS



ELAINE GOES SOUZA

BANANA 'BRS PRINCESA': PONTO DE COLHEITA E PÓS-COLHEITA PARA
COMERCIALIZAÇÃO DE FRUTOS COM QUALIDADE

Feira de Santana - BA

2024

ELAINE GOES SOUZA

**BANANA ‘BRS PRINCESA’: PONTO DE COLHEITA E PÓS-COLHEITA PARA
COMERCIALIZAÇÃO DE FRUTOS COM QUALIDADE**

Tese de Doutorado submetida à banca de defesa do Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, da Universidade Estadual de Feira de Santana, para apreciação dos pares.

Orientadora: Prof. Dr^a. Marilza Neves do Nascimento Ribeiro

Coorientadores: Dr^a. Fabiana Fumi Cerqueira Sasaki

Dr. Marcio Eduardo Canto Pereira

Feira de Santana - BA

2024

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **ELISETH DE SOUZA VIANA**
Data: 02/04/2024 08:18:27-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Eliseth de Souza Viana
(Embrapa)

Documento assinado digitalmente
 **LUCAS KENNEDY SILVA LIMA**
Data: 01/04/2024 20:51:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Lucas Kennedy Silva Lima
(Universidade Estadual de Feira de Santana)

Documento assinado digitalmente
 **ALONE LIMA BRITO**
Data: 01/04/2024 22:13:37-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Alone Lima Brito
(Universidade Estadual de Feira de Santana)

Documento assinado digitalmente
 **YURI CAIRES RAMOS**
Data: 01/04/2024 16:20:43-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr Yuri Caires Ramos
(Universidade Federal do Recôncavo
da Bahia)

Documento assinado digitalmente
 **MARILZA NEVES DO NASCIMENTO RIBEIRO**
Data: 02/04/2024 07:55:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Marilza Neves do Nascimento Ribeiro
(Universidade Estadual de Feira de Santana)
Orientadora e Presidente da Banca

Feira de Santana – BA
2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Souza, Elaine Goes

Banana 'BRS Princesa': Ponto de colheita e pós-colheita para comercialização de frutos com qualidade, 2024.

79 f. il.; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr^a. Marilza Neves do Nascimento Ribeiro

Coorientador: Dr^a. Fabiana Fumi Cerqueira Sasaki

Coorientador: Dr. Marcio Eduardo Canto Pereira

Tese (em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Estadual de Feira de Santana, 2024.

1. Banana 2. Pós-colheita. 3. Armazenamento refrigerado I. Ribeiro, Marilza Neves do Nascimento II. Sasaki, Fabiana Fumi Cerqueira III. Pereira, Marcio Eduardo Canto IV. Universidade Estadual de Feira de Santana V. Título.

CDU: 634.772

À minha maior incentivadora, minha mãe Lígia Góes, por não ter medido esforços para me dar uma educação de qualidade e me cobrir com a luz do manto azul em todas suas orações.

Agradecimentos

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho e para a conclusão bem-sucedida desta jornada acadêmica.

A Deus, pelo que me deste, pelo que me dás, por permitir que esteja em companhia dos Mentores de Luz e Espíritos Instrutores, que guiam a minha caminhada;

A minha família, meus pais, Jaciel (*in memoriam*) e Lígia, pelas lições de honestidade e fé inabalável de que através do amor e do perdão, conquistaremos a felicidade; ao meu irmão Maurício pela torcida e admiração, a Kalily, companheiro amoroso, pelos desejos que Nossa Senhora me cubra de sorte e que nunca me falte alegria;

A minha orientadora Marilza Nascimento, que me estendeu a mão na minha última tentativa de realizar este sonho, facultando a escolha da linha de pesquisa, entendendo minhas prioridades em relação ao laboratório, sempre atenta as minhas necessidades;

Aos meus coorientadores, Fabiana Sasaki e Marcio Canto, pela orientação constante, apoio inestimável e insights valiosos ao longo deste processo. Suas orientações sábias foram fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa e na paixão pela Pós-Colheita;

Agradeço também aos membros da banca examinadora, Eliseth, Manassés, Lucas, Alone, Yuri, por dedicarem seu tempo e expertise na avaliação deste trabalho e por fornecerem comentários construtivos que ajudaram a aprimorar esta tese;

Sou grato aos meus colegas de Embrapa, especialmente aos meus chefes imediatos, Leandro Rocha e Fátima Pinto, pelo incentivo e apoio necessário para esta capacitação e aos bolsistas do laboratório de pós-colheita, Julia Piton, Luis Eduardo Pereira, Ian Freitas e Thiago Rici, cujo apoio e colaboração foram essenciais para o progresso desta pesquisa. Seus estímulos e camaradagem tornaram esta jornada ainda mais significativa;

Além disso, expresso minha gratidão aos meus amigos e familiares por seu amor, encorajamento e compreensão ao longo dos desafios enfrentados durante este período de estudo;

Agradeço também a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 pelo apoio financeiro e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB JCB0040/2016) pelo financiamento do estudo.

Este trabalho não teria sido possível sem o apoio e contribuições de todos aqueles mencionados acima, e por isso, expresso meu mais profundo agradecimento a cada um de vocês.

"A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo"

Nelson Mandela (1918-2013)

RESUMO

Muitas cultivares de bananas apresentam susceptibilidade a doenças que podem inviabilizar a produção, com destaque para a murcha de *Fusarium*. Para mitigar parte desse problema, foi lançada a cultivar 'BRS Princesa', que é resistente à essa doença, de frutos saborosos com alto valor de mercado, sendo uma alternativa viável para retomada do cultivo de bananas do tipo Maçã. Porém, sendo uma cultivar relativamente recente, existem poucas informações na literatura sobre às práticas pós-colheita. Assim, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar a influência do ponto de colheita, armazenamento refrigerado e climatização sobre a fisiologia e bioquímica de bananas 'BRS Princesa' e sua contribuição para a vida útil e qualidade dos frutos. Para alcançar os objetivos foram conduzidos 03 experimentos. No experimento 1 - Ponto de colheita de banana 'BRS Princesa' para a região do baixo sul baiano, bananas 'BRS Princesa' foram colhidas em cinco datas, 80, 87, 94, 101 e 115 dias após a emissão do cacho e armazenados em temperatura ambiente ($25\pm 1^\circ\text{C}$) até seu completo amadurecimento. Os resultados revelaram que frutos colhidos aos 87 dias após a emissão do cacho apresentaram o melhor equilíbrio, destacando-se pela menor produção de etileno, taxas respiratórias mais baixas e boa resistência ao transporte, apresentando o melhor balanço de vida útil e qualidade dos frutos. No experimento 2 – Climatização de bananas tipo maçã 'BRS Princesa' durante a maturação, frutos recém-colhidos foram expostos a uma concentração fixa de $100\ \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno, a temperatura de 16°C ou 18°C , durante 0, 12, 24, 36 ou 48 horas e depois transferidos para $25\pm 1^\circ\text{C}$ até que atingissem o estágio 6 de maturação. A maior qualidade de fruto foi obtida com a climatização com 24 horas, garantindo melhores características de teor de sólidos solúveis e firmeza da polpa. No experimento 3 – Prolongamento da oferta de bananas 'BRS Princesa' armazenadas sob refrigeração, buquês no estágio 1 de maturação – casca completamente verde foram armazenados em câmara fria a $14\pm 1^\circ\text{C}$ e $75\pm 1\%$ UR, por até 7; 14; 21; 28 dias, seguido de armazenamento em temperatura de $25\pm 1^\circ\text{C}$ até que os frutos atingissem o completo amadurecimento. As bananas 'BRS Princesa' podem ser armazenadas a 14°C por um período de até 14 dias, sem prejuízo à boa aparência e qualidade dos frutos, com incremento de 8 dias na possibilidade de consumo dos frutos, quando comparados ao controle.

Palavras-chave: *Musa* spp.; Ponto de colheita; Armazenamento refrigerado; Etileno; Amadurecimento; Vida útil pós-colheita.

ABSTRACT

Many banana cultivars are susceptible to diseases that can make production unviable, especially Fusarium wilt. To mitigate part of this problem, the 'BRS Princesa' cultivar was launched, which is resistant to this disease, has tasty fruit with a high market value, and is a viable alternative for resuming the cultivation of Silk type bananas. However, as it is a relatively new cultivar, there is little information in the literature about post-harvest practices. Therefore, the general objective of this work was to evaluate the influence of harvest point, refrigerated storage and air conditioning on the physiology and biochemistry of 'BRS Princesa' bananas and their contribution to the useful life and quality of the fruit. To achieve the objectives, three experiments were carried out. In experiment 1 - Harvest point for 'BRS Princesa' bananas for the region of the lower south of Bahia, 'BRS Princesa' bananas were harvested on five dates, 80, 87, 94, 101 and 115 days after the bunch was issued and stored at room temperature ($25\pm 1^{\circ}\text{C}$) until fully ripe. The results showed that fruit harvested at 87 days after the bunch was issued had the best balance, with lower ethylene production, lower respiration rates and good resistance to transportation, presenting the best balance of shelf life and fruit quality. In experiment 2 - Acclimatization of 'BRS Princesa' apple bananas during ripening, freshly picked fruit were exposed to a fixed concentration of $100\ \mu\text{L L}^{-1}$ of ethylene at a temperature of 16°C or 18°C for 0, 12, 24, 36 or 48 hours and then transferred to $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ until they reached stage 6 of ripeness. The highest fruit quality was obtained with 24-hour acclimatization, ensuring better characteristics in terms of soluble solids content and flesh firmness. In experiment 3 - Extending the supply of 'BRS Princesa' bananas stored under refrigeration, bouquets at stage 1 of ripeness - completely green peel were stored in a cold room at $14\pm 1^{\circ}\text{C}$ and $75\pm 1\%$ RH, for up to 7; 14; 21; 28 days, followed by storage at a temperature of $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ until the fruit reached full ripeness. The 'BRS Princesa' bananas can be stored at 14°C for up to 14 days without damaging the good appearance and quality of the fruit, with an increase of 8 days in the possibility of consuming the fruit when compared to the control.

Keywords: *Musa* spp.; Harvest point; Refrigerated storage; Ethylene; Ripening; Post-harvest useful life.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	11
REVISÃO DE LITERATURA	12
Importância Socioeconômica da Banana	12
Evolução das Cultivares, Cultura da Banana e Melhoramento genético.	13
Cultivar BRS Princesa	15
Ponto de colheita	16
Fisiologia do Amadurecimento da banana	18
Armazenamento Refrigerado	21
Climatização	23
CAPÍTULO 1- PONTO DE COLHEITA DE BANANA ‘BRS PRINCESA’ PARA A REGIÃO DO BAIXO SUL BAIANO	
RESUMO	25
ABSTRACT	25
1.1 Introdução	26
1.2 Material e Métodos	28
1.3 Resultados e Discussão	33
1.4 Conclusões	41
REFERÊNCIAS	41
CAPÍTULO 2 - CLIMATIZAÇÃO DE BANANAS TIPO MAÇÃ ‘BRS PRINCESA’ DURANTE A MATURAÇÃO	
RESUMO	45
ABSTRACT	46
2.1 Introdução	46
2.2 Material e Métodos	48
2.3 Resultados e Discussão	50
2.4 Conclusões	55
REFERÊNCIAS	55

CAPÍTULO 3 - PROLONGAMENTO DA OFERTA DE BANANAS 'BRS PRINCESA' ARMAZENADAS SOB REFRIGERAÇÃO

RESUMO	58
ABSTRACT	59
3.1 Introdução	59
3.2 Material e Métodos	61
3.3 Resultados e Discussão	63
3.4 Conclusões	71
REFERÊNCIAS	71
CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
REFERÊNCIAS GERAIS	74

INTRODUÇÃO GERAL

A banana (*Musa spp.*) é uma das frutas mais produzidas e consumidas em todo o mundo, cultivada em muitos países tropicais e subtropicais, desempenhando um papel significativo na segurança alimentar global e na economia de muitos países produtores.

A bananeira (*Musa spp.*) é afetada por várias doenças, entre elas, a murcha-de-Fusarium (antes conhecida como mal-do-Panamá), causada pelo fungo de solo *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*, ocasionando murcha típica vascular (Ploetz, 2015). Com exceção da 'Nanica', as cultivares brasileiras de banana são muito suscetíveis a essa doença, que não possui controle químico conhecido, como ocorre com outras doenças da bananeira (Borges; Cordeiro, 2017). Esse fungo infecta raízes de cultivares de bananeira suscetíveis e resistentes, mas a infecção de porções vascularizadas do rizoma é mais pronunciada no genótipo suscetível (Ploetz, 2015), causando a doença que foi a responsável pela quase extinção da banana do tipo Maçã, tornando, muitas vezes, o seu cultivo antieconômico. Os agricultores frequentemente recorrem a práticas de manejo, como o uso de variedades resistentes, para tentar controlar a murcha de Fusarium, e minimizar seu impacto nas plantações de banana. A fim de solucionar esse desafio, a Embrapa lançou a cultivar 'BRS Princesa', híbrido de banana tipo Maçã que tem como principal característica a resistência à murcha de Fusarium, além de produzir frutos saborosos de alto valor no mercado. Portanto, constitui uma opção promissora para revitalizar a produção de bananas do tipo 'Maçã'.

Dado que as diversas cultivares de banana exibem diferenças em suas características físicas, químicas e respostas ao manejo e tratamentos após a colheita, é plausível inferir que a variedade BRS Princesa também manifeste distinções em sua fisiologia e reações após a colheita. Nesse sentido é necessário estabelecer protocolos de pós-colheita específicos para a 'BRS Princesa', uma vez que as práticas tradicionais frequentemente empregadas não são validadas para os novos híbridos e devem ser complementadas, abordando a importância de estabelecer protocolos de pós-colheita, ponto de colheita, seja para comercialização com manutenção da qualidade, seja para exportação.

Frente ao expressivo potencial demonstrado 'BRS Princesa' em vários resultados de pesquisa e pelos agricultores, o propósito deste trabalho foi definir práticas do ponto de colheita, armazenamento refrigerado e climatização nas características fisiológicas e bioquímicas das bananas 'BRS Princesa' e sua contribuição para a durabilidade e qualidade dos frutos. Essas

informações visam contribuir para a comercialização de frutos de qualidade, aumentando o valor do produto e melhorando as condições de competitividade da fruta produzida na Bahia.

REVISÃO DE LITERATURA

Importância Socioeconômica da Banana

A banana é a fruta fresca mais consumida no mundo. Além de maior consumidor mundial, o Brasil é o quarto maior produtor, com 6,6 milhões de toneladas produzidas em 455 mil hectares, metade originária da agricultura familiar. O setor fatura cerca de R\$ 13,8 bilhões por ano e gera 500 mil empregos diretos. Devido ao seu preço acessível, a banana tem importante papel social (Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2024).

A cultura da banana desempenha uma função essencial na garantia da segurança alimentar, criação de oportunidades de emprego, promoção do desenvolvimento rural e estabilização econômica, seu impacto é substancial nas economias tanto locais quanto globais, ao proporcionar alimentos de alto valor nutricional e fomentar o progresso socioeconômico em diversas partes do mundo (FAO, 2022). É uma das frutas mais consumidas globalmente e o seu cultivo é uma atividade de significativa relevância econômica e social para a agroindústria mundial e brasileira, não apenas por sua capacidade de gerar renda, mas também por seu papel fundamental em promover o estabelecimento de comunidades rurais (Silva *et al.*, 2016).

O Brasil, quarto maior produtor mundial da fruta, dedica 453.273 hectares ao seu cultivo, com um rendimento médio de 15,03 toneladas por hectare. A produção de bananas no país só é superada em quantidade (toneladas) pela Índia, China e Indonésia, (FAO, 2021). A maior parte do que é produzido é voltado para abastecer o comércio nacional, porém, o Brasil tem demonstrado um crescimento notável nas exportações em âmbito global, a saber, entre os anos de 2015 e 2019, o Brasil exportou apenas 66 mil toneladas da fruta, em 2020 esse valor passou para 83 mil toneladas, e no ano de 2021 a exportação chegou a aproximadamente 108 mil toneladas (FAO, 2021). Os destinos das exportações brasileiras de bananas frescas ou secas (exceto bananas-da-terra) em 2022 foram Argentina e Uruguai, representando 47,9% e 39,7% do total exportado (COMEXSTAT, 2022).

A cultura da banana está presente em todos os estados do Brasil, com São Paulo liderando a produção nacional seguido por Minas Gerais e Bahia, este último com 830.626

toneladas, o que representa 12,1% da produção total do país, com ênfase nos municípios de Bom Jesus da Lapa, Juazeiro, Wenceslau Guimarães, Teolândia, Valença e Presidente Tancredo Neves, conforme dados do IBGE (2022), correspondendo à maior parte da produção nordestina, destacando assim a relevância da Bahia no cenário da bananicultura nacional, seja em polos mais tradicionais e com produção irrigada ou notadamente na região do Baixo Sul Baiano.

Evolução das Cultivares, Cultura da Banana e Melhoramento genético.

A banana (*Musa* spp.), da família Musaceae, é um dos frutos mais antigos cultivados, desempenha papel vital como alimento básico para milhões de pessoas em todo o mundo (Halder, 2020). As bananeiras são plantas herbáceas de grande porte com raízes rizomatosas, nativas das planícies tropicais do Sudeste Asiático, que há aproximadamente 7000 anos, foram domesticadas, sendo as variedades de bananas comestíveis que conhecemos hoje de origem principalmente em duas espécies selvagens ou em ambas. As diferenças entre as cerca de 1200 cultivares existentes resultam da origem genômica, do nível de ploidia e de mutações somáticas (Israeli; Lahav, 2016).

Sua evolução se deu por meio de cruzamentos entre duas espécies selvagens, *M. acuminata* Colla (genoma A) e *M. balbisiana* Colla (genoma B), resultando em grupos genômicos que combinam os genomas completos dessas espécies parentais. Esses grupos englobam diferentes tipos, como diploides (com 22 cromossomos, como AA, AB e BB), triploides (com 33 cromossomos, como AAA, AAB e ABB) e tetraploides (com 44 cromossomos, como AAAA, AAAB, AABB e AB BB), além disso, o termo "subgrupo" é usado para descrever conjuntos de variedades que surgiram de mutações de uma única variedade original. Por exemplo, o grupo AAA inclui o subgrupo Cavendish, enquanto o grupo AAB abrange os subgrupos Prata, Maçã e Terra no Brasil (Dantas et al., 2016).

Na evolução desta cultura, as características selecionadas durante o processo de domesticação foram a partenocarpia, que possibilita a frutificação sem requerer polinização prévia, e a esterilidade (Denham *et al.*, 2020). A combinação da partenocarpia e da esterilidade garante a produção de frutos carnudos e comestíveis, isentos de sementes. No entanto, isso também representa desafio significativo no processo de melhoramento da bananeira, uma vez que é complexo criar variedades melhoradas que sejam simultaneamente estéreis e partenocárpicas, especialmente ao tentar recombinar progenitores com características distintas.

Além disso, a dificuldade do melhoramento da bananeira é ampliada pela presença de múltiplos níveis de ploidia nas cultivares, incluindo diplóides, triplóides e tetraplóides (Sardos, 2022).

A diversidade genética das cultivares de banana é um aspecto crítico para a sua sobrevivência e proteção contra doenças e pragas. A ameaça de epidemias que possam afetar as variedades amplamente cultivadas, como a variedade Cavendish, destaca a necessidade contínua de pesquisa e conservação da diversidade genética das bananas (Plotz, 2021). Conforme indicado por Albuquerque (2018), a bananicultura se destaca na fruticultura tropicais como uma das atividades mais lucrativas no campo, sendo crucial para os produtores a adoção de variedades que resistam às principais pragas e doenças para se manterem competitivos, pois os híbridos resistentes/ tolerantes de banana estão se tornando cada vez mais relevantes no mercado nacional devido à ameaça que pragas e doenças representam para a cultura, podendo afetar a qualidade dos frutos, diminuir a produção e até devastar as áreas cultivadas.

A murcha de Fusarium, provocada pelo *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense (Foc), é uma ameaça significativa para todos os países que cultivam bananas, causando a doença que foi a responsável pela quase extinção da banana do tipo Maçã, tornando, muitas vezes, o seu cultivo inviável do ponto de vista econômico. Atualmente, a doença é encontrada em praticamente todas as áreas onde a banana é cultivada, representando uma ameaça cada vez mais séria à produção sustentável de variedade Cavendish e de outras bananas susceptíveis, sendo a única solução eficaz é o cultivo de cultivares resistentes a essa doença (Ploetz, 2019; Raman et al., 2020). A bananeira ‘Grande Naine’ e a ‘Terra’ são resistentes, a ‘Maçã’ é altamente suscetível. As medidas de controle químico adotadas por grandes empresas são ineficazes ou não aplicáveis aos pequenos agricultores, que constituem a maioria dos produtores de banana no Brasil. O uso de cultivares resistentes, seja por seleção dentro de germoplasma existente ou por cruzamento para geração de novas cultivares, é considerado o meio de controle mais eficiente (Amorim *et al.*, 2011).

A bananicultura é caracterizada por baixa variabilidade genética, o que representa um grande risco, pois está associada a uma maior probabilidade de destruição dos pomares de banana por surtos de doenças (Pimentel, 2010). Os programas de melhoramento genético e atividades focados na diversidade da banana têm como principal meta a preservação do germoplasma, sendo amplamente empregados com dois propósitos principais: primeiro, para impulsionar iniciativas de aprimoramento e desenvolvimento de cultivares; segundo, para incrementar a produção, oferecendo aos produtores de bananas acesso a variedades melhoradas (Nath *et al.*, 2023). Nos últimos anos, registaram-se enormes progressos no melhoramento

genético da *Musa*, estando agora disponíveis novas variedades provenientes de programas biotecnológicos, mas ainda há margem para o melhoramento da bananeira em termos de resistência a doenças, resistência abiótica e outras características agrônômicas (Durai; Suresh; 2020).

O avanço na engenharia genética gera novos híbridos de bananeira com características desejáveis, enriquecendo e aprimorando as variedades disponíveis; o desenvolvimento de híbridos resultantes do cruzamento entre espécies de banana selvagem com variedades cultivadas, reúnem vantagens das variedades selvagens e cultivadas, resultando em cultivares superiores que exibem uma variação genética maior do que seus progenitores (Chetry *et al.*, 2023).

O aprimoramento de variedades pode resultar em maior produtividade e redução dos custos de produção ao diminuir a necessidade de agrotóxicos e os gastos com a administração dos cultivos, contribuindo para aumentar a receita líquida dos agricultores. A Embrapa Mandioca e Fruticultura deu início a um Programa de Melhoramento Genético de Bananeiras (PMGB) em 1976, com base na formação de uma coleção de material genético. Esse programa adota diversas abordagens para criar novas variedades: 1) Cruzamento entre triploides e diploides selvagens ou melhorados; 2) Cruzamento entre tetraploides e diploides selvagens ou melhorados; 3) Aumento do número de cromossomos em diploides superiores; e 4) Indução de mutações. Por meio dessas técnicas, o PMGB da Embrapa desenvolveu as seguintes cultivares de banana: BRS Caprichosa, BRS Garantida, BRS Japira, BRS Pacovan Ken, BRS Preciosa, BRS Tropical, BRS Vitória, BRS Pioneira, BRS Platina e BRS Princesa (Silva *et al.*, 2013).

Cultivar BRS Princesa

A cultivar BRS Princesa é um híbrido de banana do tipo Maçã que tem como principal característica a resistência à murcha de *Fusarium*. Desenvolvida pelo programa de Melhoramento da Embrapa Mandioca e Fruticultura em Cruz das Almas, Bahia, essa variedade é tetraploide, com genoma AAAB, resultado do cruzamento entre o M53 (AA), um diploide melhorado resistente à murcha de *Fusarium*, sigatoka amarela e negra, e a cultivar triploide Yangambi nº 2 (AAB), que compartilha características agrônômicas semelhantes à variedade Maçã (Silva, 2016).

A 'BRS Princesa' apresenta alta produtividade e um porte menor do que a 'Maçã' original, facilitando o seu manejo. Seus frutos se assemelham aos daquela variedade, conhecida

por seus frutos de tamanho pequeno a médio (8 a 15 cm), casca delicada quando madura (Figura 2), sabor distintivo e alto valor de mercado, apresenta resistência à murcha de *Fusarium*, sendo uma alternativa viável para expandir novamente o cultivo e a comercialização dos frutos do tipo 'Maçã' no Brasil, além disso, demonstra tolerância ao déficit hídrico no solo, o que a torna promissora em regiões semiáridas e em áreas irrigadas, podendo contribuir para a economia de água (Borges; Cordeiro, 2017), sendo especialmente relevante seu estudo na região promissora do Baixo Sul da Bahia.

Juntamente com suas características agrônômicas atrativas, os atributos sensoriais dos frutos também têm sido bem aceitos (Viana *et al.*, 2023). No entanto, informações sobre o manejo pós-colheita, essenciais para a manutenção da qualidade dos frutos, ainda são limitadas (Oliveira Júnior *et al.* (2017); Pereira *et al.* (2015); Sarmiento (2012)). Embora essa nova variedade tenha sido bem recebida por produtores e consumidores, mais estudos são necessários para compreender melhor aspectos relacionados ao momento ideal de colheita, ao tratamento pós-colheita e ao prolongamento da vida útil desses frutos.



Figura 1. Cachos de bananas 'BRS Princesa, mostrando frutos verdes (estádio 1 de maturação) e frutos maduros (estádio 6 de maturação). Fotos: Elaine Goes Souza

Ponto de colheita

No Brasil, um desafio significativo enfrentado pelos produtores de banana é a determinação do momento ótimo para a colheita dos frutos, uma vez que uma colheita realizada em momento indevido pode resultar na inadequação dos frutos para a comercialização (Lichtemberg *et al.*, 2016), pois é um fruto climatérico que mantém atividade respiratória mesmo após a colheita ou separação da planta-mãe. Nesse estado, sua qualidade pode decair rapidamente, reduzindo significativamente sua vida útil, caso não receba adequadamente o tratamento pós-colheita (Wulandari *et al.*, 2023).

O ponto da colheita tem grande influência nas características de um produto hortícola. Frutos colhidos muito maduros ou muito verdes podem sofrer desordens fisiológicas, como deterioração precoce, perda de qualidade e redução do tempo de prateleira. O critério para determinar o momento de colheita é frequentemente baseado em observações visuais, como a ausência das quinas dos frutos em determinadas variedades, o diâmetro do fruto na segunda penca e a idade do cacho (Borges et al., 2015). A qualidade é um fator importante no mercado da banana, especialmente quando destinada ao consumo do fruto fresco. Variações sutis na maturidade das bananas após a colheita têm um impacto significativo na qualidade do consumo, influenciando diretamente a satisfação do consumidor (Thuy *et al.*, 2021).

Kanchana *et al.* (2021) conduzindo avaliações das distintas fases de colheita dos frutos de bananeira (AAB cv. "Embul") subsequentes à floração da planta, observaram que, para esta cultivar, a colheita entre 77 e 84 dias após a floração é crucial para atender aos padrões de exportação, enquanto para o mercado local é mais vantajoso colher frutos mais maduros entre 84 e 104 dias após a floração. Queiroz *et al.*, (2019) concluíram que a idade de colheita do cacho teve influência direta na qualidade pós-colheita de bananas 'Prata-Anã', sendo os frutos dos cachos de 16 semanas apresentaram características físicas e químicas superiores aos das demais idades, o que significa maior vida útil pós-colheita. Bananas 'Prata-anã' e 'Nanica' colhidas, respectivamente, com 18 e 13 semanas após a antese suportam 10 dias após a colheita com boa manutenção das características físico-químicas (Nobre *et al.*, 2018). Santos et al., (2018) demonstraram que a idade do fruto influencia diretamente as características físicas e químicas da banana 'Prata-Anã'. Determinar o grau de maturação com a idade do cacho, evita as perdas por maturação prematura ou pela colheita prematura dos cachos (Lichtemberg *et al.*, 2016).

Para a bananeira 'BRS Princesa', foi proposto por Sarmiento (2012) e Oliveira Júnior *et al.* (2017) o método de contagem das brácteas desprendidas, em que se contam as marcações deixadas no engaço desde a inflorescência até o cacho, sendo a colheita recomendada com 95 brácteas desprendidas. No entanto, embora seja um método mais simples para a contagem do tempo, na prática, em plantios maiores, este método pode levar a grande perda de tempo para contagem das brácteas em cada planta e tornar-se comercialmente inviável. Atualmente, em bananais comerciais de maior porte, o método mais utilizado para a programação de colheita é o de marcação de plantas com fitas ou cachos com sacos de mesma numeração ou cor, conforme a semana de emissão da inflorescência. A cultivar BRS Princesa, assim como outras variedades recém-introduzidas, demanda investigações para determinar seu ponto máximo de maturação,

um aspecto crucial na definição do momento ideal de colheita. Esse fator é essencial para garantir a qualidade dos frutos e prolongar sua vida útil após a colheita.

Fisiologia do Amadurecimento da banana

Os frutos da bananeira são colhidos com a casca verde, no ponto de maturação fisiológica [classificados como estágio de maturação 1, de acordo com as diretrizes de classificação de Von Loesecke (PBMH & PIF, 2006) – Figura 3], e, devido à sua natureza climática, tem a capacidade de completar o processo de amadurecimento após serem colhidos (Castricini *et al.*, 2015).



Figura2. Escala de maturação de Von Loesecke (PBMH & PIF, 2006)

A maturação pode ser definida como o estágio do desenvolvimento do fruto que se inicia ao final do crescimento e a partir da qual este está apto a amadurecer na planta ou quando colhido. A maioria dos frutos carnosos apresenta uma fase de crescimento inicial caracterizada por intensa divisão celular, a qual se limita aos primeiros dias ou meses do desenvolvimento do fruto. A fase de divisão celular é seguida por um período de expansão celular, onde há aumento do tamanho das células devido ao acúmulo de água e solutos. A fase final da maturação, denominada de amadurecimento, pode ser definida como o estágio no qual ocorrem várias alterações bioquímicas e fisiológicas, caracterizada pela passagem do fruto do estágio verde-maduro para maduro comestível. O amadurecimento pode ser também identificado como o início do fim da vida do fruto, uma vez que a intensificação das reações de natureza predominantemente catabólicas levam à senescência e finalmente à morte dos tecidos (Finger *et al.*, 2023).

O amadurecimento é um processo irreversível que pode ser dividido em quatro fases distintas: pré-climatério ou "vida verde", climatério, amadurecimento e, finalmente, senescência. Durante o amadurecimento, diferentes alterações fisiológicas, bioquímicas e sensoriais conduzem a um fruto maduro macio e comestível (Lobo; Rojas, 2020). Estas principais diferenças para cada fase, são mostradas abaixo no Quadro 01.

Quadro 1. Principais alterações fisiológicas, bioquímicas e sensoriais ocorridas no processo de amadurecimento de bananas. Adaptação de Lobo e Rojas, 2020.

FASES DO AMADURECIMENTO	ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS, BIOQUÍMICAS E SENSORIAIS
Pré-Climatérico	Durante a transição das bananas do estágio 1 (verde escuro) para o estágio 2 (mais verde do que amarelo), não há alterações significativas nos níveis de amido, sólidos solúveis totais e teor de água. A robustez dos frutos verdes é atribuída principalmente à presença de protopectina ou pectina insolúvel em água, parcialmente esterificada com ácido poligalacturônico. A acidez da banana verde é determinada pelos ácidos málico e cítrico, enquanto o sabor adstringente do fruto é influenciado pelo ácido oxálico, de taninos na casca e na polpa, os quais diminuem ao longo do processo de amadurecimento.
Climatérico	Durante esta fase, há um aumento na atividade metabólica, culminando no pico climatérico do etileno, o qual precede o pico climatérico da respiração. A produção de etileno endógeno é regulada por duas enzimas: ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) sintase e a ACC oxidase. Neste período, ocorre a transição da cor da casca do estágio 3 (mais verde do que amarelo) para o estágio 4 (mais amarelo do que verde). O teor de sólidos solúveis totais aumenta devido à conversão do amido em açúcares, a clorofila degrada-se, o teor de água aumenta e a casca e a polpa começam a amolecer. A atividade da pectina metilesterase (PME), responsável pelo amolecimento dos frutos, atinge seu ápice no estágio de coloração 4 e diminui significativamente nos estágios avançados de maturação.
Maturação	Durante os estágios 4 a 6, ocorrem diversas mudanças concomitantes. O amolecimento dos tecidos continua e, no final da maturação, quase todo o amido foi degradado em açúcares, tanto na polpa como na casca. A casca do fruto adquire uma coloração completamente amarela, enquanto a polpa torna-se mais macia e doce, com aroma característico. O teor de água na polpa aumenta consideravelmente, em cerca de 10%, devido à degradação do amido durante o processo respiratório e ao movimento osmótico da água da casca para a polpa. Por outro lado, o teor de água na casca diminui devido à transpiração. Essas mudanças são mediadas por vários sistemas enzimáticos ao longo do processo de amadurecimento.
Senescência	Após o estágio 6, a casca torna-se castanha manchada e depois completamente castanha, e a polpa perde a sua textura firme e branca, tornando-se castanha e gelatinosa.

Na maturação da banana, ocorrem muitas das mudanças bioquímicas, físico-químicas e sensoriais, que são geralmente consideradas favoráveis e bem recebidas pelos consumidores. À medida que o amadurecimento progride e especialmente com o surgimento gradual de manchas

escuras na casca da banana, os frutos deixam progressivamente de atender aos critérios de aceitação dos consumidores e de comercialização varejista (Yap *et al.*, 2017).

O processo de amadurecimento da banana é identificado por uma produção de etileno em duas fases, marcada por um pico inicial acentuado e um segundo pico menor, pós-climatérico. Durante esse período, a produção de etileno desencadeia uma sequência de eventos de desenvolvimento, resultando na conversão de amido em açúcares, um aumento na atividade respiratória e na síntese proteica. Além disso, ocorrem alterações como o amolecimento dos frutos, devido ao aumento na proporção de pectina solúvel em água, o aprimoramento do sabor e do aroma, modificações na coloração e uma maior suscetibilidade a agentes patogênicos (Ghosh; Ganapathi; Bapat, 2016). Os níveis de açúcares na fruta continuam a aumentar até a senescência. Essas variações no teor de ácidos e açúcares ao longo do amadurecimento resultam em bananas maduras com um sabor mais doce e levemente ácido (Thuy *et al.*, 2021).

A investigação de parâmetros físico-químicos associados à qualidade dos frutos, tais como dimensões (comprimento e diâmetro), peso, coloração da polpa e casca, firmeza, teor de sólidos solúveis e acidez, desempenham um papel crucial na preservação das características desejáveis necessárias para atender aos requisitos dos padrões de mercado (Aquino *et al.*, 2017). Resultados obtidos por Moreno *et al.* (2020) mostraram que os consumidores avaliam a qualidade da fruta principalmente pela cor, brilho e tamanho, sendo estes critérios são complementados pela textura (firmeza), teores de sólidos solúveis totais e acidez.

A caracterização dos frutos de bananeira é essencial para orientar práticas de colheita, transporte e embalagem, levando em consideração atributos como suscetibilidade a danos, facilidade de colheita, tamanho, cor, apresentação e sabor, alinhados às demandas do mercado (Castricini *et al.*, 2015). As transformações físicas, químicas e físico-químicas são as principais causas de perda de qualidade durante o armazenamento. Portanto, um armazenamento adequado e o uso de tecnologias pós-colheita são essenciais para evitar a deterioração e manter a qualidade dos frutos (Pereira *et al.*, 2015a).

Armazenamento refrigerado

Devido à natureza climatérica da banana, o processo de amadurecimento está correlacionado a um rápido aumento na produção de etileno seguido da taxa respiratória do fruto. Em geral, as bananas apresentam um curto período de conservação após o início do amadurecimento (Hossain; Iqbal, 2016), assim, sendo passíveis de danos e deterioração, que limitam seu potencial de armazenamento prolongado e expansão da comercialização, exigindo que a manipulação pós-colheita seja aprimorada entre agricultores, comerciantes e exportadores, pois muitos frutos chegam aos consumidores com baixa qualidade e vida útil reduzida, resultando em preços de venda mais baixos e menor aceitação pelos consumidores (Crismas *et al.*, 2018).

A tecnologia pós-colheita desempenha um papel vital na preservação dos frutos, sendo crucial implementar boas práticas ao longo da cadeia de fornecimento para manter sua qualidade (Sugianti *et al.*, 2022). As práticas inadequadas desde a colheita até o consumidor final são responsáveis por aproximadamente 30-35% das perdas pós-colheita (Rajeswari *et al.*, 2023), pois os frutos sofrem alterações metabólicas após o amadurecimento, o que leva a um rápido amolecimento, perda de qualidade e senescência em condições ambientais (Awad *et al.*, 2017).

As estratégias para minimizar essas perdas incluem o armazenamento refrigerado, atmosfera modificada, inibidores da biossíntese e da ação do etileno, bem como produtos químicos para manter a integridade das membranas (Hailu *et al.*, 2013). A aplicação de métodos de conservação, como o armazenamento refrigerado, desempenha um papel fundamental na extensão do período de comercialização e na mitigação das perdas devido à deterioração dos frutos, resultando na redução significativa das perdas pós-colheita (Serpa *et al.*, 2014).

Comercialmente, o gerenciamento do amadurecimento das bananas é conduzido através da modificação do ambiente, especialmente da temperatura (Zhu *et al.*, 2018), com o objetivo de prolongar o período de conservação e preservar as características pós-colheita (Luo *et al.*, 2017). A redução da temperatura de armazenamento ocorre durante a fase pré-climatérica, sendo o principal objetivo comercial prolongar ao máximo essa fase (Lobo; Rojas, 2020). Porém, as bananas são altamente suscetíveis a temperaturas baixas, podendo desenvolver lesões por frio quando mantidas em ambientes abaixo de 13°C (Huang *et al.*, 2021), que resulta no escurecimento da casca e na interrupção do processo de amadurecimento, acarretando perdas econômicas significativas (Ba *et al.*, 2016).

Os sintomas de lesão por resfriamento de frutos de banana são principalmente exibidos como escurecimento nos tecidos vasculares e aparência e amolecimento anormal da polpa,

sendo regulada pelas espécies reativas de oxigênio (ROS), atividade antioxidante, nível de ATP e concentração de íons na fruta da banana. A temperatura abaixo das condições de refrigeração perturba a homeostase celular das ROS, induzindo a oxidação de polifenóis, acelerando a dissipação de energia e o fluxo de íons (Huang *et al.*, 2016; Liu *et al.*, 2019).

Bananas cv. Grand Naine armazenadas em câmaras frigoríficas a 13 °C por 15 dias apresentaram menores perda de peso, amadurecimento e deterioração, pois a temperatura mais baixa mostrou um efeito antagônico na biossíntese de etileno e inibiu a taxa de respiração, o que ajudou a atrasar o amadurecimento (Ravikumar *et al.*, 2018). O prolongamento do período de conservação em cinco dias, em comparação com a temperatura ambiente observado por Rajeswari *et al.* (2023) ao armazenar bananas Rasthali a 17 °C, esteve relacionado a mudanças na composição dos frutos, incluindo a redução da relação polpa/casca, dos sólidos solúveis totais e da cromacidade, além do aumento na firmeza do fruto, na espessura da casca, no teor de amido e nos níveis de antioxidantes. Paralelamente, ocorreu também uma diminuição na perda de peso fisiológica e nos açúcares totais, assim como uma alteração na atividade das enzimas que afetam a estabilidade das membranas. Rodrigues *et al.* (2020) relataram que a baixa temperatura proporcionada pela refrigeração foi capaz de retardar o processo de amadurecimento da banana 'Prata', preservando suas características mensuráveis. Nobre *et al.* (2018) constataram que a temperatura de 15 °C reduz o ritmo de maturação das variedades de bananas Prata-anã e Nanica, além de preservar suas propriedades físico-químicas. As bananas da variedade "Prata-anã", colhidas com idades entre 16 e 18 semanas, mantiveram sua qualidade comercial por até nove dias após um armazenamento de 25 dias a uma temperatura de 13,5 °C e uma umidade relativa de aproximadamente 95%, sem apresentar perda significativa de qualidade (Santos *et al.*, 2018).

Esses relatos evidenciam que uma parcela substancial das perdas pós-colheita de banana decorre de uma combinação de fatores, incluindo a falta de preparo dos agentes na cadeia de comercialização para o manejo adequado da fruta, assim como condições inadequadas de armazenamento que resultam no amadurecimento precoce ou desigual dos frutos. Atualmente há uma escassez de informações detalhadas sobre o comportamento da cultivar 'BRS Princesa' em ambientes refrigerados e seus efeitos na qualidade pós-colheita, especialmente nesta nova variedade do grupo 'Maçã'. Esta falta de dados é relevante, considerando que essa cultivar é sensível a baixas temperaturas, levando a desordens fisiológicas como o escurecimento da casca, o que compromete sua comercialização. Portanto, é crucial identificar as condições ideais de armazenamento refrigerado para a cultivar BRS Princesa.

Climatização

As bananas, sendo frutos climatéricos altamente suscetíveis à deterioração, são comumente colhidas em seu estágio de maturação verde e, posteriormente, passam por um processo de amadurecimento artificial (Maduwanthi; Marapana, 2021). No processo natural de maturação das frutas, o gás etileno é produzido pelos próprios frutos em amadurecimento (Zore *et al.*, 2021).

A exposição dos frutos climatéricos ao etileno provoca um avanço na fase climatérica da respiração e no amadurecimento, sem afetar a forma da curva respiratória, sendo eficaz em concentrações baixas. O etileno exógeno é eficaz em desencadear o pico respiratório somente quando aplicado no estágio pré-climatérico do fruto, isto é, antes da produção auto catalítica de etileno pelo próprio fruto (Finger *et al.*, 2023). Esta fase está associada à habilidade dos tecidos em gerar níveis elevados do gás em resposta a concentrações baixas de etileno presentes no início do aumento climatérico da respiração (CordenunsI-Lysenko *et al.*, 2019).

A indução do amadurecimento da banana é realizada por meio da climatização, técnica frequentemente empregada pelos produtores de banana, onde ocorre exposição dos frutos ao gás etileno (C_2H_4), responsável pelo processo de amadurecimento, combinado com o controle da temperatura e a umidade relativa, acelerando a taxa respiratória da fruta e seu metabolismo, resultando em um amadurecimento rápido (Nobre *et al.*, 2018). A aplicação externa de etileno (C_2H_4) é crucial para assegurar que as bananas atinjam o amadurecimento, adquirindo uma coloração completamente amarela e tornando-se aptas para consumo quando disponibilizadas no mercado. Esse procedimento visa manter uma coloração uniforme da casca e uma qualidade desejável, atendendo às preferências dos consumidores (Pongprasert *et al.*, 2020).

Apesar de ser de uso comum pelos produtores, não é adequado a utilização de outros métodos para climatizar bananas. Edogbanya *et al.* (2023) destacam que há estudos que associam o uso de agentes artificiais como o carbureto de cálcio, etilenoglicol, acetileno, ethephon e querosene a diversos problemas de saúde, incluindo insuficiência renal aguda devido ao etilenoglicol, hipoxia pelo acetileno, queimaduras cutâneas e envenenamento sistêmico fatal pelo ethephon, lesões pulmonares pelo querosene e sintomas como diarreia, sensação de queimação, irritação ocular, úlcera cutânea e dificuldade respiratória relacionados ao carbureto de cálcio, entre outros. Atualmente as formas mais utilizadas para a climatização

CAPÍTULO 1 - PONTO DE COLHEITA DE BANANA 'BRS PRINCESA' PARA A REGIÃO DO BAIXO SUL BAIANO

RESUMO

A qualidade sensorial do fruto, especialmente para consumo fresco, é fortemente determinada pela sua maturidade no momento da colheita, ressaltando a necessidade de identificá-lo para garantir que o fruto manifeste plenamente sua qualidade durante o consumo. Embora a cultivar BRS Princesa, resistente à murcha de *Fusarium*, exiba características promissoras, ainda requer estudos adicionais para estabelecer o ponto ótimo de colheita. Este estudo teve como objetivo principal determinar o momento adequado de colheita para a cultivar 'BRS Princesa', visando otimizar a relação entre a vida útil e a qualidade dos frutos produzidos no Baixo Sul da Bahia. Os cachos de banana foram colhidos em cinco datas distintas, com intervalos semanais, aos 80, 87, 94, 101 e 115 dias após a emissão do cacho (DEC), com cinco cachos avaliados em cada data. Foram realizadas análises físico-químicas nos frutos verdes (estágio 1 - E1) e maduros (estágio 6 - E6), com análises de taxa respiratória e produção de etileno conduzidas diariamente até que os frutos atingissem a coloração amarela. Os frutos colhidos até os 80 e 87 DEC alcançaram o estágio de consumo (E6) de quatro a seis dias antes dos frutos colhidos posteriormente. Os resultados indicam que os frutos colhidos aos 87 dias após a emissão do cacho apresentaram o melhor equilíbrio, caracterizando-se pela menor produção de etileno, taxas respiratórias mais baixas e maior resistência ao transporte, devido à firmeza superior da casca.

Palavras-chave: *Musa* spp.; Amadurecimento; Estádio de maturação; Vida útil; Pós-colheita.

CHAPTER 1 - HARVEST POINT FOR 'BRS PRINCESA' BANANAS IN THE LOWER SOUTH OF BAHIA

ABSTRACT

The sensory quality of the fruit, especially for fresh consumption, is strongly determined by its maturity at the time of harvest, highlighting the need to identify this to ensure that the fruit fully manifests its quality during consumption. Although the BRS Princesa cultivar, which is

resistant to Fusarium wilt, exhibits promising characteristics, it still requires further studies to establish the optimum harvest point. The main objective of this study was to determine the appropriate time to harvest the 'BRS Princesa' cultivar, in order to optimize the relationship between the shelf life and quality of the fruit produced in the Southern Bahia Lowlands. The banana bunches were harvested on five different dates, at weekly intervals, at 80, 87, 94, 101 and 115 days after fruit set (DEC), with five bunches evaluated on each date. Physicochemical analyses were carried out on the unripe (stage 1 - E1) and ripe (stage 6 - E6) fruit, with analyses of respiration rate and ethylene production conducted daily until the fruit turned yellow. Fruit harvested up to 80 and 87 DEC reached the consumption stage (E6) four to six days earlier than fruit harvested later. The results indicate that the fruit harvested at 87 days after the bunch was issued showed the best balance, characterized by lower ethylene production, lower respiration rates and greater resistance to transport due to the superior firmness of the peel.

Keywords: *Musa* spp.; Ripening; Ripening stage; Shelf life; Post-harvest.

1.1. Introdução

A bananeira (*Musa* spp.) é uma das culturas frutícolas mais importantes do mundo e contribuem significativamente para a segurança alimentar nos países em desenvolvimento (Azizi *et al.*, 2022). No cenário mundial o Brasil se destaca como o quarto maior produtor mundial com produção de com 6,6 milhões de toneladas produzidas em 455 mil hectares, sendo superado pela Índia, China e Indonésia (FAO, 2022). Entre os estados produtores a Bahia é o terceiro maior produtor, com 830.627 t, correspondendo a 12% da produção nacional (IBGE, 2022).

As bananas são caracterizadas como frutos climatéricos, exibindo taxas elevadas de respiração e síntese de etileno após a colheita, além disso, demonstram fenótipos que evidenciam um rápido processo de amadurecimento e senescência (Kwak *et al.*, 2023). Após atingirem a maturação, os frutos da bananeira sofrem mudanças metabólicas aceleradas que restringem o período de conservação e limitam suas oportunidades de comercialização (Awad *et al.*, 2023).

A fase de colheita desempenha um papel crucial na determinação da qualidade do fruto e na sua capacidade de conservação após a colheita. No processo de manuseio pós-colheita das bananas, é essencial levar em conta as características fisiológicas, bioquímicas e físicas do fruto,

dado que esses parâmetros estão estreitamente ligados à degradação da qualidade após a colheita (Xiao *et al.*, 2017).

Para garantir uma elevada qualidade desde colheita até o consumidor, a cadeia de abastecimento de bananas deve ser mais curta e mais eficiente, uma vez que o fruto é muito perecível (Sugianti *et al.*, 2022). Entender melhor como os frutos de bananeira se desenvolvem e amadurecem pode ser fundamental para aprimorar tanto a qualidade nutricional e sensorial quanto para minimizar as perdas após a colheita (Ning *et al.*, 2021). As perdas pós-colheita representam um grande desafio para os agricultores e geralmente resultam de uma colheita dos frutos em ponto de maturação prematuro ou tardio, manuseio de frutos inadequado durante a colheita e pós-colheita, transporte ineficiente, falta de classificação e seleção, além de instalações de armazenamento inadequadas (Adhikari, 2021). Um dos maiores problemas enfrentados pelos produtores de banana é a determinação do momento ideal para a colheita, em geral, no Brasil a colheita é feita na sua maioria empiricamente, pela experiência do produtor.

Queiroz *et al.* (2019) determinaram que a idade de colheita do cacho exerce influência direta sobre a qualidade pós-colheita das bananas 'Prata-anã', observando que os frutos provenientes de cachos com 16 semanas apresentaram atributos físicos e químicos superiores em comparação com aqueles de outras idades. Santos *et al.* (2018) corroboraram essa constatação, demonstrando que a idade do fruto tem um impacto direto sobre as características físicas e químicas da banana 'Prata-anã'. Oliveira Júnior *et al.* (2017) desenvolveram um protocolo para colheita utilizando o número de brácteas caídas, ou seja, contagem das marcações deixadas no engaço, sendo frutos colhidos com 95 e 100 marcações no engaço que apresentaram as melhores características pós-colheita. O método das brácteas no entanto, não apresenta praticidade quando se trata de áreas comerciais. Pois é extremamente laborioso e quando dimensionado para grandes áreas se torna inviável.

A 'BRS Princesa' é um híbrido de banana tipo Maçã que tem como principal característica a resistência ao fungo de solo *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense, agente causal da doença murcha de Fusarium, responsável por perdas tão elevadas que, muitas vezes, tornam a produção de bananeiras Maçã, em áreas com histórico da ocorrência dessa doença, economicamente inviáveis (Silva *et al.*, 2016).

A definição da época de colheita das bananas é um método que auxilia na padronização da qualidade dos frutos conforme o mercado de destino. De forma geral, quanto maior for a distância de distribuição para o mercado de bananas, mais cedo as bananas devem ser colhidas. Tem-se a necessidade de definir critério de ponto de colheita para a 'BRS Princesa' baseado

em calendário (dias após emissão do cacho), uma vez que comumente são utilizadas práticas realizadas para as cultivares tradicionais e não validadas para novas variedades. Determinar o ponto de colheita ideal é uma estratégia interessante para distribuir frutos com melhores atributos físico-químicos e bom potencial de vida útil. Assim, o trabalho teve como objetivo definir o ponto de colheita adequado para cultivar 'BRS Princesa', buscando agregar o melhor balanço entre vida útil e qualidade dos frutos produzidos na região do Baixo Sul da Bahia.

1.2. Material e Métodos

1.2.1. Local do experimento

Os frutos da cultivar BRS Princesa foram obtidos de uma propriedade comercial localizada no município de Presidente Tancredo Neves-BA (Latitude: 13° 27' 14" Sul, Longitude: 39° 25' 15" Oeste). Os cachos foram colhidos aos 87 dias após a emissão do cacho, contados a partir da queda da bráctea que recobre a última penca viável. Em seguida, as pencas foram retiradas do engaço e transportadas até o Laboratório de Pós-colheita da Embrapa Mandioca e Fruticultura, localizado na cidade de Cruz das Almas-BA.

As bananeiras da cultivar BRS Princesa foram marcadas no campo com fitas coloridas (Figura 1B), após a emissão do cacho e visualização, contadas a partir da bráctea que recobre a última penca viável (Figura 1A), para acompanhamento do seu desenvolvimento. Depois foram ensacadas (Figura 1C) e colhidas (Figura 1D).

Os cinco cachos foram colhidos em cinco datas, em intervalos semanais: 80, 87, 94, 101 e 115 dias após a emissão do cacho, sendo cinco cachos por data de avaliação. Em cada data de colheita, os cachos foram despencados e transportados para o laboratório Pós-colheita, onde as pencas foram subdivididas em buquês de cinco frutos, os quais foram lavados cuidadosamente em solução de água e detergente neutro (1%), identificados e pesados (Figura 2). Após secagem, os frutos foram armazenados em temperatura ambiente ($25\pm 1^\circ\text{C}$) até seu completo amadurecimento, considerado quando a casca estava completamente amarela (E6).

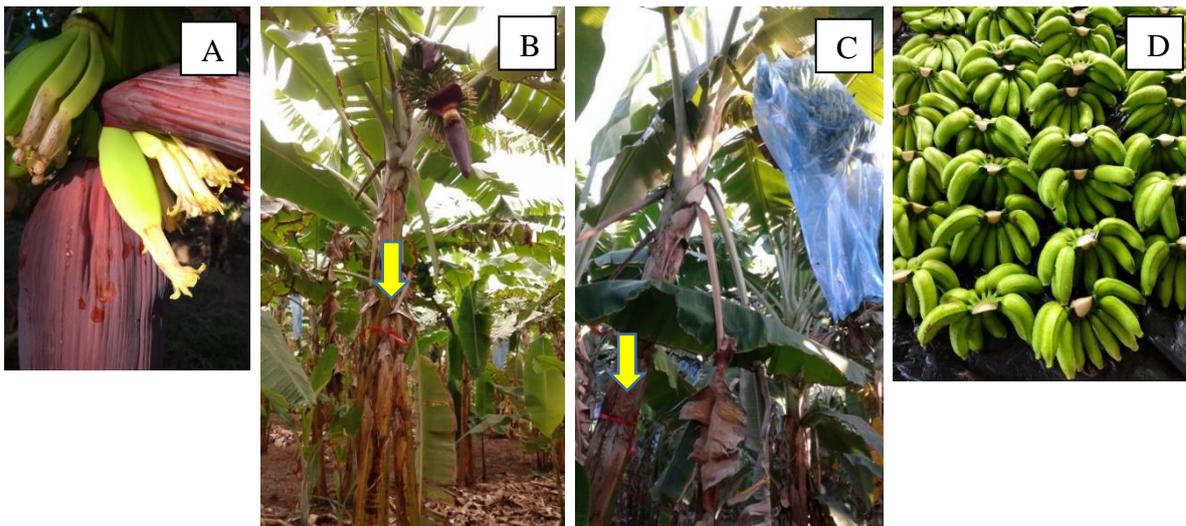


Figura 1. Detalhe do ponto de emissão do cacho determinado para a marcação das plantas de banana ‘BRS Princesa’, mostrando a última penca viável (1ª), marcação das plantas com fitas coloridas (seta) (1B), após ensacamento do cacho (1C) e logo após a colheita. Fotos: Elaine Goes Souza/Marcio Canto/Fabiana Sasaki

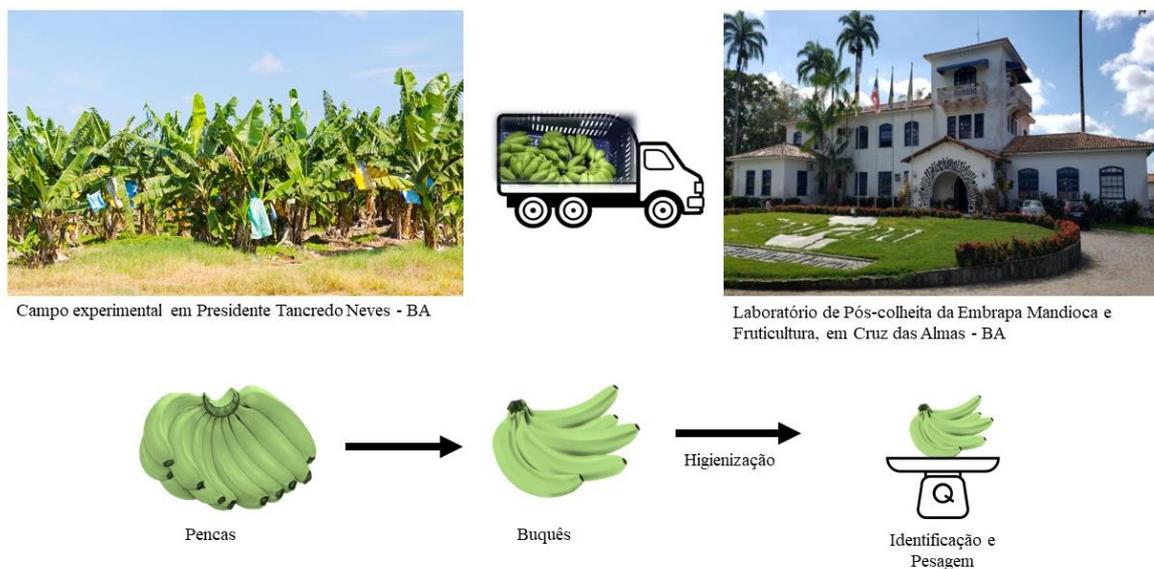


Figura 2. Esquema da colheita, transporte até o Laboratório de Pós-colheita, onde ocorreu a montagem do experimento para determinação do ponto de colheita da banana ‘BRS Princesa’, produzida na região do Baixo Sul da Bahia, mostrando a divisão de pencas em buquês, com posterior identificação e pesagem.

1.2.2. Delineamento Experimental

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, seguindo um esquema fatorial 5 x 2 (datas de emissão do cacho x estádios de maturação), com seis repetições (representadas pelos buquês) por tratamento.

1.2.3. Análises físico-químicas

As avaliações foram realizadas em dois estádios de maturação, baseado na escala de Von Loesecke (Figura 3), onde o estágio 1 (E1) apresenta a casca completamente verde – logo após a colheita, como forma de caracterização dos frutos e estágio 6 (E6), com a casca completamente amarela – frutos maduros, representando o ponto de consumo.

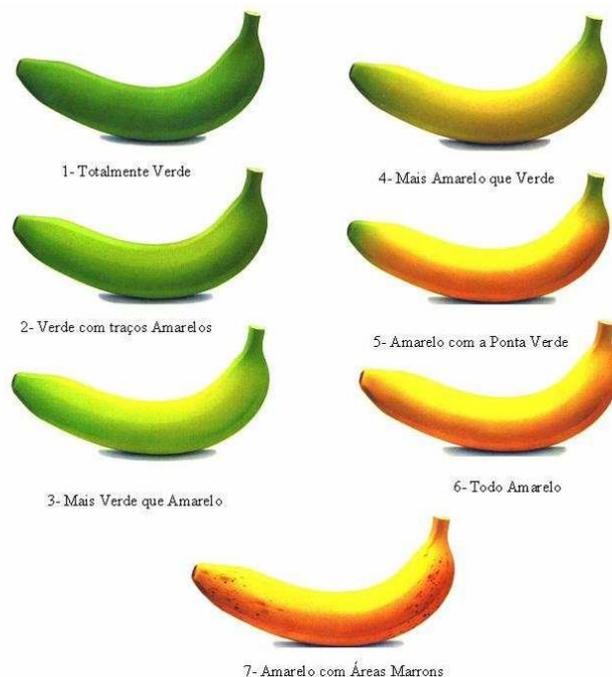


Figura 3. Escala de Maturação de Von Loesecke (PBMH & PIF, 2006).

As análises físicas de peso do fruto, da casca e da polpa; diâmetro do fruto e da polpa; espessura da casca; rendimento em polpa; comprimento do fruto e firmeza da polpa, foram realizadas para cada dedo [cada fruto é uma baga e é conhecido como um "dedo" (Lobo; Rojas, 2020)]. Ver Figura 4.

A seguir são descritas a análise de longevidade realizada diariamente (Figura 4):

- Longevidade. Trinta frutos individualizados foram separados durante o período de armazenamento para avaliação exclusiva do estágio de maturação conforme a escala de maturação de Von Loesecke (PBMH & PIF, 2006), contabilizando-se a porcentagem de dedos em cada estágio de maturação. A vida útil pós-colheita foi contabilizada até o dia em que a maioria dos frutos atingiu o estágio 7 (casca completamente amarela com manchas marrons).

A seguir são descritas as análises físicas realizadas em cada estágio de maturação (Figura 4):

Peso do fruto, da casca e da polpa. Cada fruto foi individualizado (dedo), retirando-se a almofada e deixando-se o fruto com pedúnculo, e pesado com casca em balança semianalítica. Logo em seguida o fruto foi descascado e a polpa pesada. O peso da casca foi obtido por diferença entre o peso do fruto e o peso da polpa;

- A perda de massa foi determinada pela diferença, em porcentagem, entre a massa inicial e final do buquê com cinco dedos, utilizando-se a equação: $[(\text{peso inicial} - \text{peso final}) / \text{peso inicial}] \times 100$;
- Diâmetro do fruto e da polpa. O diâmetro foi avaliado na região central, em seção transversal, com auxílio de um paquímetro digital. Logo em seguida o fruto foi descascado e o diâmetro da polpa na mesma região mensurado;
- Espessura da casca. Calculada pela diferença entre o diâmetro do fruto e o diâmetro da polpa, dividido por dois;
- Rendimento em polpa. Calculada pela razão simples entre o peso da polpa e o peso da casca, expressando os valores em porcentagem;
- Comprimento do fruto. Mensurado em seu maior comprimento, com auxílio de fita métrica, da extremidade de inserção do pistilo até a base do pedúnculo;
- Cor da casca. Avaliada com auxílio do colorímetro Minolta, modelo CR-400, Iluminante D65, escala CIELAB. Foram avaliadas luminosidade, cromaticidade e °Hue.
- Firmeza da polpa. Avaliada em dois pontos equidistantes nos lados da polpa, com auxílio de penetrômetro de bancada equipado com ponteira de 8 mm de diâmetro, que foi inserida no fruto numa profundidade de 10 mm;

Para as análises químicas foi constituída uma amostra composta de três dedos (Figura 4).

- Sólidos solúveis – SS. Quantificado com auxílio de refratômetro digital portátil, utilizando-se gotas da polpa extraído a partir da compressão da polpa de três dedos homogeneizada em água destilada. Resultados expressos em °Brix;
- Acidez titulável – AT. Determinada em amostra de 1 g de polpa homogeneizada, diluída em 40 mL de água, titulada com NaOH 0,1N até pH 8,1, utilizando-se dosímetro semiautomático para depósito de NaOH e pHmetro para determinação do final da titulação. Gotas de fenolftaleína também foram adicionadas à amostra para confirmação do ponto final de titulação. Resultados foram expressos em g de ácido málico por 100 g de polpa;

- Relação SS/AT. Determinada pelo quociente entre estes dois parâmetros;
- Açúcares solúveis totais. Determinado pelo método da antrona (Yemn; Willis, 1954), sendo realizada em amostras de polpa congeladas. Após a extração dos açúcares com etanol 80%, a amostra foi submetida à reação com antrona em ácido sulfúrico, gerando coloração esverdeada proporcional ao teor de açúcares solúveis totais, que é então lida em espectrofotômetro a 620 nm.

Para as análises cromatográficas foi constituída uma amostra de um buquê com 3 dedos por repetição, analisado diariamente até atingirem a senescência (Figura 4).

- Para a determinação da taxa respiratória, os frutos foram acondicionados em frascos de vidro com capacidade de 3000 mL, permanecendo hermeticamente fechados por períodos de 1 hora. Cada tampa dos jarros possuía um septo de silicone por meio do qual foi retirada a amostra de gás do recipiente fechado e injetada em cromatógrafo a gás com detector TCD. Os resultados foram expressos em mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹;
- Para a determinação da produção de etileno os procedimentos foram semelhantes à determinação da taxa respiratória, no que se refere a coleta da amostra de gás, sendo período que os frascos ficaram fechados foi de 2 horas. As amostras, foram injetadas em cromatógrafo a gás com detector de ionização de chama (FID). Os resultados foram expressos em µL C₂H₄ kg⁻¹ h⁻¹.

1.2.4. Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias entre estádios foram comparadas entre si pelo teste F ($p < 0,05$), enquanto as médias dos pontos de colheita foram analisadas segundo modelos de regressão polinomial até o segundo grau, utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2016).

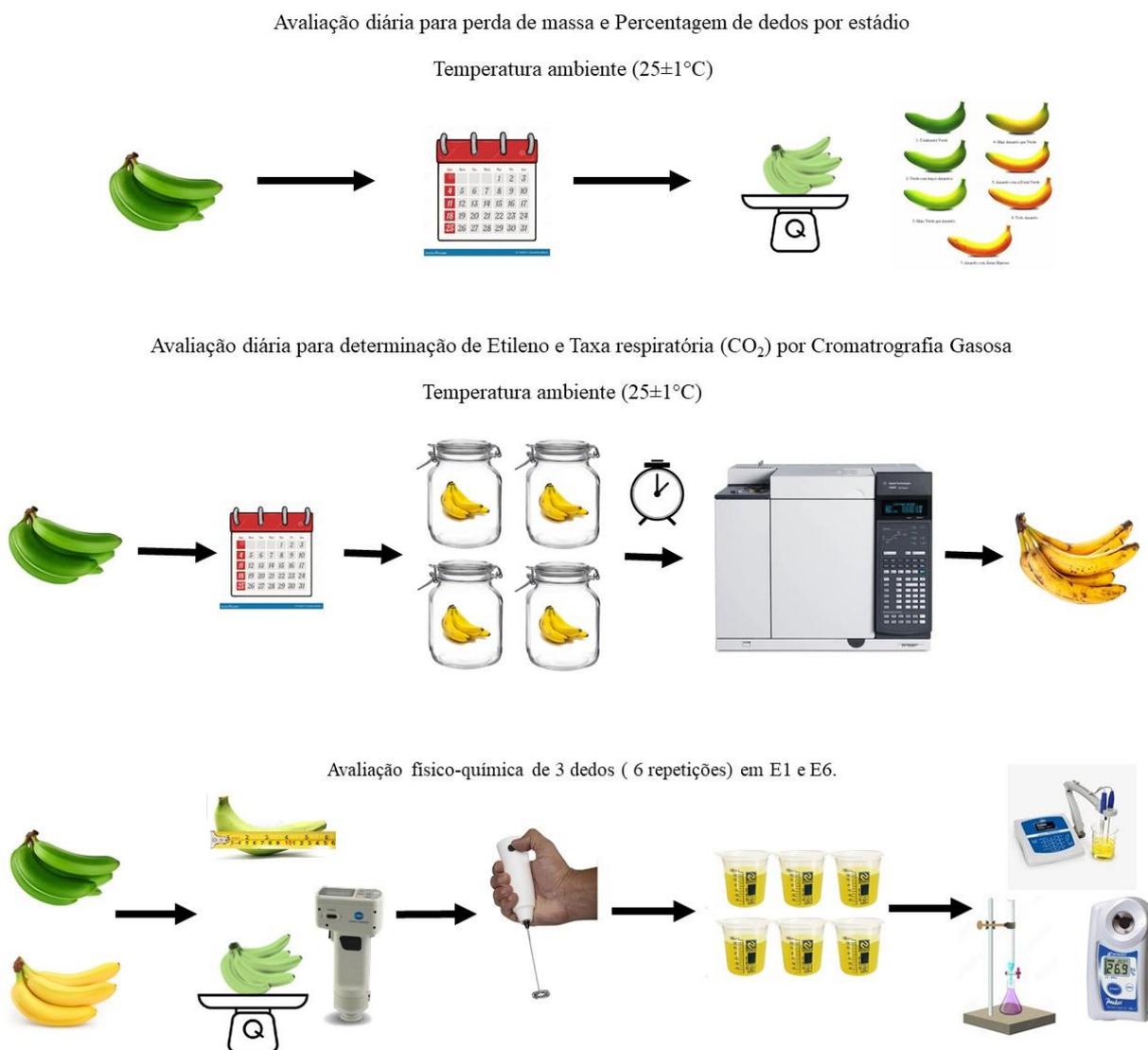


Figura 4. Esquema da montagem do experimento para determinação do ponto de colheita da banana ‘BRS Princesa’, produzida na região do Baixo Sul da Bahia, mostrando a avaliação diária para perda de massa, cor da casca, determinação de etileno e taxa respiratória, medidas biométricas, peso e colorimetria quando os frutos estavam com a casca verde e amarela, preparação de amostras a partir de 3 dedos com auxílio de mixer, em seis repetições, para as análises de sólidos solúveis, pH e acidez titulável.

1.3. Resultados e Discussão

1.3.1. Comparações da qualidade dos frutos em função do estágio de maturação

Fizemos uma comparação das características entre frutos recém-colhidos (E1) e maduros (E6), em todos os pontos de colheita, para retratar o efeito do amadurecimento pós-colheita (Tabela 1).

A redução dos valores de ângulo Hue à medida que os frutos amadureciam indica a tendência de mudança da cor da casca, de verde para amarelo. O inverso acontece com a luminosidade, aumentando à medida que a casca do fruto se torna amarela, porém mais clara (Castricini *et al.*, 2021).

Após a fase de colheita, os frutos encontram-se sujeitos a processos de perda de água, notadamente através da transpiração, que ocorre predominantemente na casca, bem como pela respiração e desidratação osmótica da casca. A transpiração, um processo físico pelo qual a água é perdida na forma de vapor durante o amadurecimento da banana, ocorre em proporções similares através dos estômatos (44%) e da cutícula (56%) presentes na casca (Khanal *et al.*, 2022). A rápida elevação dos teores de açúcar na polpa ocasiona mudanças na pressão osmótica, resultando na transferência de água da casca para a polpa e, conseqüentemente, em um aumento na proporção de polpa para casca (Mohapatra *et al.*, 2016).

O amadurecimento também provocou redução da firmeza da polpa, independentemente do ponto de colheita (Tabela 1), sendo este um dos aspectos importantes do processo de amadurecimento da banana (Maduwanthi; Marapana, 2017), tornando o fruto palatável. Perda de turgor, transformação do amido em açúcares e alterações catalisadas por enzimas na composição e estrutura da parede celular são os principais mecanismos que levam ao amolecimento da polpa da banana (Al-Dairi *et al.*, 2023).

Foram observados aumentos na acidez titulável (AT), no teor de sólidos solúveis (SS) e na relação SS/AT, e redução no pH da polpa, ocorridos devido ao amadurecimento, independente do ponto de colheita.

A acidez titulável inicial foi de 0,16% (banana verde) e aumentou ao longo do tempo de maturação (0,58% na banana madura). Estes resultados estavam de acordo com um estudo de Chandra *et al.* (2020), que relataram que a concentração de ácido málico e ácido cítrico aumentou até que o estágio maduro fosse alcançado. A acidez da polpa da banana aumenta inicialmente com o amadurecimento, em um segundo momento, mais próximo da senescência, esta acidez é reduzida devido ao consumo de ácidos orgânicos no processo respiratório (Oliveira Junior *et al.*, 2017). No presente trabalho, a acidez em frutos maduros foi aproximadamente 350% superior à de frutos recém-colhidos e são um aspecto inerente do amadurecimento da banana (Adi *et al.*, 2019).

Tabela 1. Médias para características físico-químicas de bananas ‘BRS Princesa’ logo após a colheita (E1) e após amadurecimento (E6).

Estádio	°Hue	Relação polpa/casca	Firmeza (N)	Acidez (% ácido málico)	Sólidos solúveis (°Brix)	Relação SS/AT
E1	113,81 a	1,98 b	40,73 a	0,168 b	2,09 b	12,47 b
E6	92,84 b	3,34 a	5,12 b	0,582 a	19,51 a	33,85 a
F calculado	2316,11**	158,88**	2114,99**	1100,04**	2568,48**	687,58**
CV(%)	2,58	17,35	14,02	14,24	13,80	15,12
Média geral	103,33	2,64	23,42	0,3695	10,56	22,86

Médias de todas as datas de colheita, seguidas por letras diferentes, diferem estatisticamente entre si pelo teste F 5% de probabilidade. ^{ns} não significativo, * significativo, ** altamente significativo.

Carmo et al. (2022) observaram, que a cultivar BRS Princesa apresentou sólidos solúveis, em média, de 25,17 °Brix. O aumento do teor de sólidos solúveis no amadurecimento é decorrente da hidrólise dos carboidratos de reserva (amido) acumulados durante o crescimento do fruto na planta, que fornecem como produtos de sua degradação açúcares mais simples como a sacarose, frutose e glicose (Maduwanthi; Marapana, 2021; Al-Dairi *et al.*, 2023). O fornecimento destes açúcares influencia diretamente o teor de sólidos solúveis da polpa dos frutos, visto que estes em sua maioria são compostos principalmente por açúcares, além de outras substâncias dissolvidas no suco celular como ácidos orgânicos e vitaminas (Rocha; Uribe, 2018). As alterações em acidez e sólidos solúveis culminaram no aumento da relação SS/AT.

1.3.2. Comparações da qualidade dos frutos em função do ponto de colheita

O ponto de colheita tem influência diretamente proporcional sobre as variáveis peso e diâmetro do fruto e relação polpa/casca (Figuras 5A, B, C, respectivamente), havendo o aumento dessas características com o aumento do período de tempo determinado para a colheita (de 80 até 115 dias), podendo ser observado já nos frutos recém-colhidos (E1). O aumento de peso e tamanho pode acarretar em maiores ganhos para o produtor no momento da comercialização.

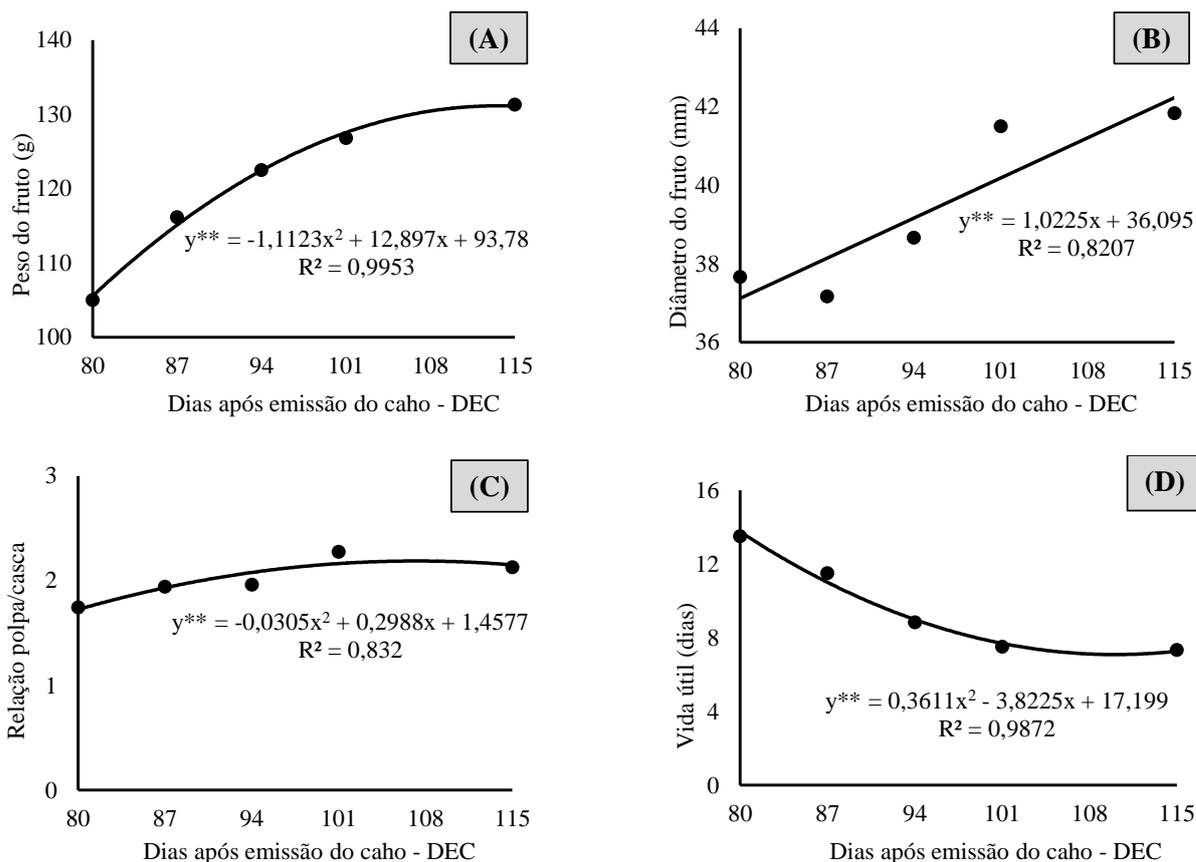


Figura 5. Alterações nas características de bananas ‘BRS Princesa’ no estágio 1- Frutos verdes recém-colhidas, em função do período de dias após emissão do cacho até a colheita: (A) peso do fruto; (B) diâmetro do fruto; (C) relação polpa/casca; e (D) vida útil.

O peso variou de 105 g até 131 g, o diâmetro variou de 38,0 mm aos 80 DEC até 42 mm aos 115 DEC, enquanto a relação polpa/casca aumentou de 1,74 até 2,28 no mesmo intervalo de tempo. Essas alterações indicam que os frutos de bananeira ‘BRS Princesa’ aumentam de tamanho enquanto estão ligados à planta-mãe. Oliveira Junior *et al.* (2017) também observaram, em banana ‘BRS Princesa’, aumento no diâmetro dos frutos proporcional ao tempo que os frutos permaneceram ligados à planta.

Como a casca perde mais água em relação a polpa, sua espessura e sua proporção no fruto (em peso) reduzem com o amadurecimento do fruto, que por sua vez se torna ainda mais sensível a danos mecânicos devido ao manuseio. Adicionalmente, a desidratação osmótica pode gerar fissuras na casca dos frutos de maior diâmetro (Brat *et al.*, 2016), algo também relatado por produtores. Essa ocorrência em algumas vezes expõe a polpa, reduzindo dessa forma a qualidade das bananas.

A primeira evidência dessa maturação na planta é que frutos colhidos até os 87 DEC atingem o ponto de consumo (E6) em um período de quatro a seis dias maior do que daqueles

colhidos mais tardiamente (Figura 5D). Viana *et al.* (2023) identificaram que o tempo médio para amadurecimento de bananas ‘BRS Princesa’ é de oito dias. Esse período foi superado pelos frutos colhidos no intervalo de 80 a 94 dias após o florescimento.

A vida útil também foi negativamente afetada, sendo reduzida nas colheitas mais tardias (Figura 5D). Frutos colhidos aos 80 e 87 dias após a emissão do cacho têm maior período de vida útil (aproximadamente duas semanas), o que amplia as possibilidades de comercialização, inclusive para mercados mais distantes. A vida útil foi reduzida pela metade (uma semana) quando os frutos foram colhidos aos 101 dias (Figura 4 D).

Somente o teor de sólidos solúveis, luminosidade e croma apresentaram diferença significativa em frutos maduros (estádio 6) para as datas de colheita.

O teor de sólidos solúveis foi inversamente proporcional ao aumento do período entre a emissão do cacho e a colheita. Frutos colhidos aos 80 e 87 DEC apresentaram, em média, 20,5% de sólidos solúveis quando maduros, enquanto frutos colhidos aos 115 tiveram 19% (Figura 6). Castricini *et al.* (2021) relataram que o teor de sólidos solúveis apresentou valores próximos 24 °Brix para frutos de BRS Princesa colhidos aos 130 e 110 dias após a floração. Por sua vez, Oliveira Júnior *et al.* (2017) observaram o aumento dos sólidos solúveis em todos os tratamentos ao longo do tempo de avaliação para bananas ‘BRS Princesa’ colhidas com 90, 95, 100 e 105 brácteas desprendidas desde a floração.

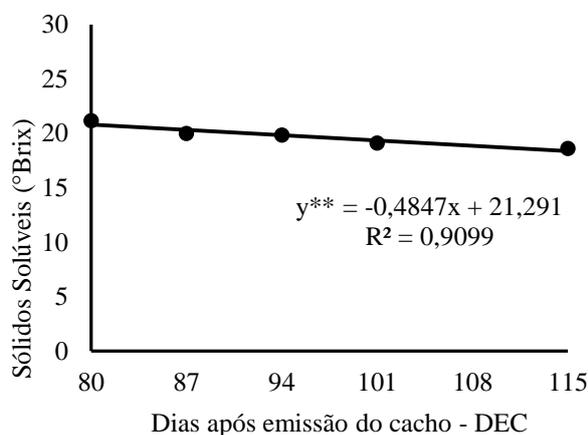


Figura 6. Alterações no teor de sólidos solúveis de bananas ‘BRS Princesa’ no estágio 6 – Frutos maduros, em função do período de dias após emissão do cacho até a colheita.

A cor é um fator importante na determinação da qualidade das bananas, especialmente porque este parâmetro é visível. Normalmente, a cor da casca, que muda de verde para amarelo durante o amadurecimento, é utilizada como um indicador do prazo de validade para a distribuição no varejo. O valor L* indica a luminosidade, em que o valor 0 indica preto e o valor 100 indica branco (Haerani *et al.*, 2023). O resultado do presente estudo mostrou que os

frutos de 87 a 101 DEC no estágio 6 eram mais claros que estes frutos quando estavam no estágio 1. Já nos frutos de 80 e 115 DEC ocorreu o inverso devido a mudança de cor de verde clara para amarelo-castanho no processo de amadurecimento das bananas (Tabela 2).

A cromaticidade ou croma (C*), expressa a intensidade da cor, ou seja, a saturação em termos de pigmentos desta cor, valores de croma próximos de zero representam cores neutras (cinzas) e valores próximos a 60, expressam cores vívidas. (Rinaldi *et al.*, 2021). Os valores de croma dos frutos foram significativamente afetados pelos estádios de maturação, sendo significativo no somente nos frutos maduros, sendo os valores de maior intensidade encontrados nos frutos de 87 DEC (Tabela 2).

Muitos dos frutos colhidos aos 80 DEC apresentaram injúrias na casca, que não atingiram a polpa, mas prejudicaram sua aparência. Observou-se que a casca não amareleceu completamente, com a maior parte da área com manchas marrons e com pontas verdes, bem como a polpa apresentou-se esbranquiçada. Quando atingiam o estágio 6, apresentam manchas marrons na casca (Figura 7).

Tabela 2. Alterações na luminosidade (L*) e cromaticidade (C*) de bananas ‘BRS Princesa’ no estágio 6 – Frutos maduros, em função do período de dias após a emissão do cacho até a colheita.

DEC	Luminosidade (L*)	Cromaticidade (C*)
80	79,28 bc	56,43 b
87	87,51 a	61,46 a
94	83,49 ab	42,44 d
101	86,42 a	52,56 bc
115	78,33 c	48,67 c
F calculado	10,57**	36,83**
CV(%)	5,91	8,87
Média geral	83,01	52,31

Médias seguidas por letras diferentes, diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.
^{ns} não significativo, * significativo, ** altamente significativo.



Figura 7. Injúrias na casca de bananas ‘BRS Princesa’ colhidos aos 80 dias após a emissão do cacho e armazenados em temperatura ambiente (25°C).

Em relação à produção de etileno pelos frutos, observou-se que o aumento na idade dos frutos na colheita antecipa o pico climatérico (Figura 8). Enquanto frutos de 87 dias atingiram a máxima produção de etileno aos nove dias após a colheita, frutos de 115 dias apresentaram pico em apenas cinco dias. Essa antecipação do pico climatérico de etileno, mostra também que os frutos colhidos mais tardiamente estavam com estágio de amadurecimento mais avançado e se refletiu no encurtamento da vida útil destes frutos.

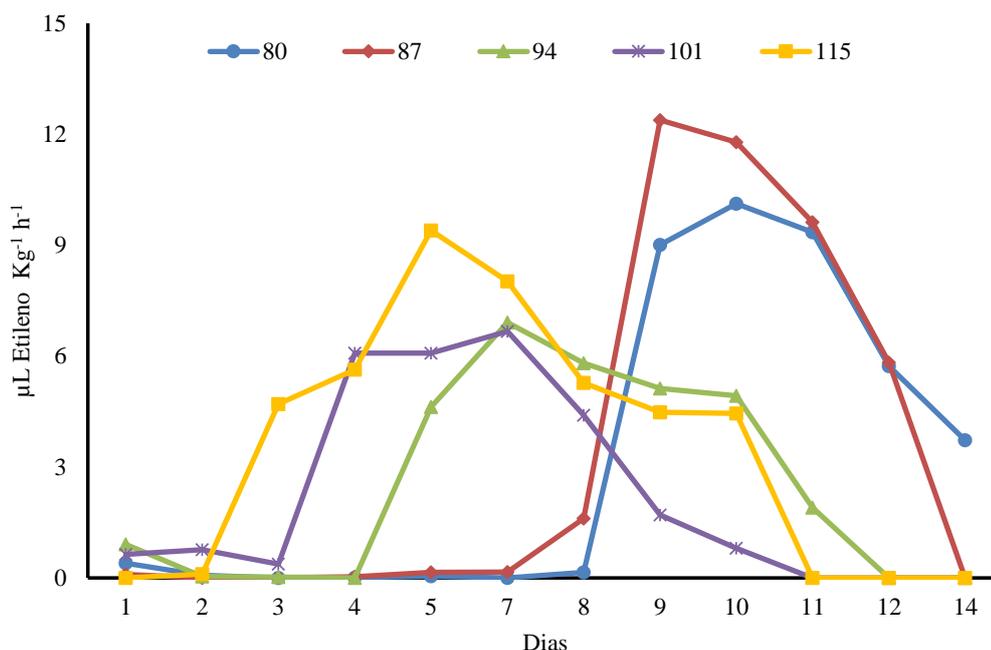


Figura 8. Produção de etileno em bananas ‘BRS Princesa’ colhidas entre 80 e 115 dias após a emissão do cacho e armazenadas a 25 °C até o estágio de frutos maduros (casca completamente amarela).

Resultados encontrados por Fahri *et al.* (2023) mostraram que o nível de maturidade dos frutos aumentou significativamente a duração da vida verde. Wiranata *et al.* (2020) relataram que a taxa de produção de etileno foi influenciada por diferenças nas fases da colheita da fruta, o que tem um impacto no tempo de amadurecimento durante o armazenamento, onde bananas colhidas mais tardiamente foram estimuladas pelo etileno mais cedo e alteraram a taxa de respiração mais rapidamente do que os frutos colhidos anteriormente, semelhantes aos resultados encontrados neste estudo. No estudo de Kheng *et al.* (2012) as bananas apresentaram uma diferença significativa na produção de etileno para a interação entre as semanas de colheita e os dias após a maturação, pois as bananas colhidas em um estágio mais maduro apresentaram uma produção de etileno significativamente mais elevada do que a banana colhida na semana anterior.

A taxa respiratória seguiu um padrão semelhante à de produção de etileno, em que frutos colhidos tardiamente apresentaram um pico antecipado em relação àquelas colhidas mais cedo (Figura 9). Nota-se que não houve um pico definido para os frutos de 80 dias, o que pode estar relacionado à sua maturação irregular.

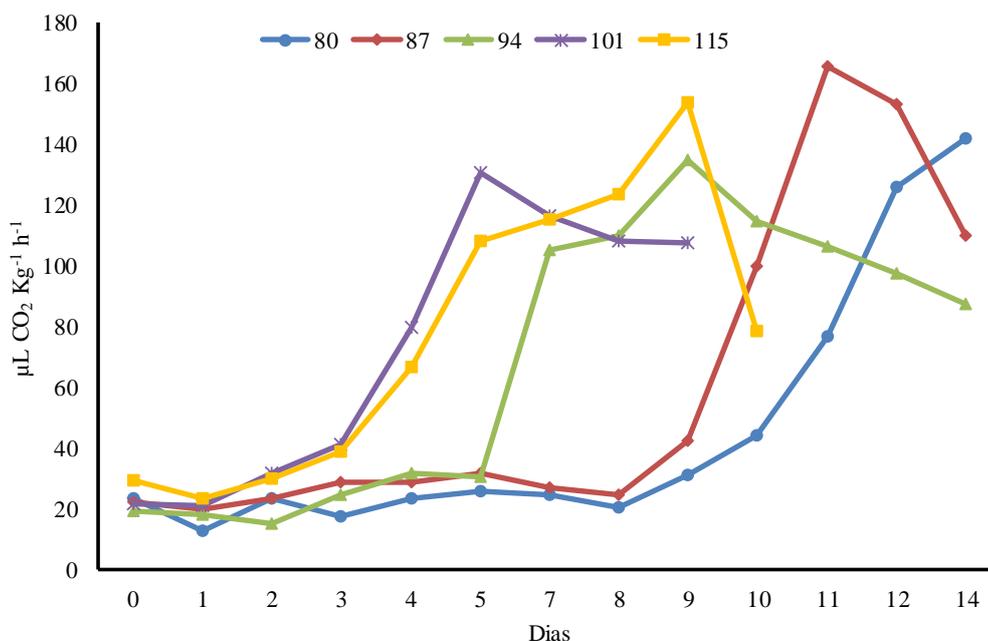


Figura 9. Taxa respiratória de bananas ‘BRS Princesa’ colhidas entre 80 e 115 dias após a emissão do cacho e armazenadas a 25 °C até o estágio de frutos maduros (casca completamente amarela).

O padrão climatérico observado para os frutos de ‘BRS Princesa’ é observado em outros relatos de literatura. Após a colheita, a taxa de respiração das bananas Cavendish verdes é de cerca de 20 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ quando armazenadas durante alguns dias a 20 °C. No pico climatérico de quatro dias de armazenamento, a taxa de respiração aumenta significativamente até 250 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, após o que diminui gradualmente na fase pós-climatérica (Xu *et al.*, 2019). Castricini *et al.* (2021) observaram que frutos de ‘BRS Princesa’ colhidos aos 110 dias após o florescimento no norte de Minas Gerais apresentaram amadurecimento mais lento e durante doze dias de avaliação após a colheita, somente a partir do oitavo dia ocorreu aumento da atividade respiratória e tendência de amarelecimento da cor da casca. No presente estudo os frutos colhidos aos 80 e 87 dias apresentaram comportamento semelhante (Figura 10).

Além da transpiração, o processo de respiração contribui com a redução do peso total da banana e da vida útil, o que pode resultar numa redução do valor da mercadoria comercializada. Por conseguinte, para preservar a qualidade da banana, a respiração deve ser sempre considerada quando da aplicação de tecnologias pós-colheita (Sugianti *et al.*, 2022).

Cultivares de banana que mantêm a cor verde da casca por mais tempo, entre a colheita e a comercialização final, são mais indicadas para situações que demandem maior tempo de transporte, com menor risco de perda de qualidade. Isso porque frutos como a banana, que possuem elevada atividade respiratória e produção de etileno após a colheita, tendem a um período de conservação menor, principalmente quando armazenados em temperaturas mais altas (Castricini *et al.*, 2022). Nestas condições aos frutos colhidos aos 80 e 87 DEC apresentaram menores produção de etileno e menores taxas respiratórias até o sétimo dia após a colheita.

1.4. Conclusão

A qualidade físico-química final da banana ‘BRS Princesa’ depende da idade em que os frutos são colhidos. Recomenda-se que frutos de bananeira ‘BRS Princesa’ produzidos no Baixo Sul da Bahia sejam colhidos aos 87 dias após a emissão do cacho. Esse período é o que permitirá maior durabilidade e melhor qualidade dos frutos, favorecendo assim sua comercialização e seu consumo.

REFERÊNCIAS

- ADHIKARI, B. et al. Post-harvest practices of horticultural crops in Nepal: Issues and management. **Archives of Agriculture and Environmental Science**, v. 6, n.2, p. 227-233. 2021.
- ADI, D.D.; ODURO, I.N; TORTOE, C. Physicochemical changes in plantain during normal storage ripening. **Scientific African**, v. 6, n. e00164, 2019.
- AL-DAIRI, M.; PATHARE, P. B.; AL-YAHYAI, R.; JAYASURIYA, H.; AL-ATTABI, Z. Postharvest quality, technologies, and strategies to reduce losses along the supply chain of banana: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 134, p. 177-191, 2023.
- AQUINO, C.F; SALOMÃO, L.C.C; CECON, P.R; SIQUEIRA, D.L; RIBEIRO, S.M.R. Physical, chemical and morphological characteristics of banana cultivars depending on maturation stages. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.30, n.1, p.87–96, 2017.
- AWAD, M.; ADEL, A.; ELSAYED, M.; ALI, M. Effect of procyanidin and chitosan treatments on quality and senescence of ‘William’ banana fruit during ripening. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**. v. 98, p. 1-11, 2023.
- AZIZI, M. M. F. et al. Development of a Highly Sensitive Loop-Mediated Isothermal Amplification Incorporated with Flocculation of Carbon Particles for Rapid On-Site Diagnosis of Blood Disease Bacterium Banana. **Horticulturae**. 10.3390/horticulturae8050406. 2022.

BRAT, P. et al. Post-harvest banana peel splitting as a function of relative humidity storage conditions. **Acta Physiol. Plant** v. 38, p. 234. 2016.

[CARMO, A. P. de N. G. do](#) et al. Análise físico-química das cultivares de banana BRS Princesa, BRS Pacoua e BRS Vitória no Estado de Roraima. **Anais da semana nacional de ciência e tecnologia**, v.16, Boa Vista, RR, 2022.

CASTRICINI, A. et al. Amadurecimento da banana ‘BRS Princesa’ produzida no verão e no inverno no Norte de Minas Gerais. Circular Técnica n.º 351, **Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais**, 2021.

CASTRICINI, A. et al. Amadurecimento de bananas ‘Grande Naine’, ‘BRS Princesa’, ‘Prata-Anã’ clone Gorutuba e ‘Prata-Anã’ produzidas no Norte de Minas Gerais. Circular Técnica n.º 378, **Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais**, 2022.

CHANDRA, R.D. et al. Evaluating Provitamin A Carotenoids and PolarMetabolite Compositions during the Ripening Stages of the Agung Semeru Banana (*Musa paradisiaca* L.AAB). **International Journal of Food Science**, 8503923. 2020.

FAHRI, A. et al. Effects of fruit maturities, coatings, and storage temperatures on the qualities and green-life of cavendish banana. **Acta Innovations**. p. 56-63. 10.32933. 2023.

FAO. Faostat: production, crops and livestock products, 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 02 jan. 2023.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, 37: 529-535, 2019.

HAERANI, H. et al. The effect of ripening methods and duration on the ripeness level of kepok banana. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. 1230. 012180. 2023

IBGE. Sidra: Produção Agrícola Municipal, 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: 19 set. 2023.

KHANAL, B. P.; SANGROULA, B.; BHATTARAI, A.; ALMEIDA, G. K.; KNOCHE, M. Pathways of postharvest water loss from banana fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 191, 111979, 2022.

KHENG, T. Y. et al. Determination of optimum harvest maturity and physico-chemical quality of Rastali banana (*Musa AAB Rastali*) during fruit ripening. **Journal of the science of food and agriculture**. v. 92. P.171-176. 2012.

KWAK, H.; KIM, J.; LEE, E.; HYUN, J. Enhanced Preservation of Climacteric Fruit with a Cellulose Nanofiber-Based Film Coating. **ACS Omega**. v. 9, n.10, 2023.

LOBO, M.G.; ROJAS, F.J.F.; Biology and Postharvest Physiology of Banana, In: Siddiq, M.; Ahmed, J.; Lobo, M.G. **Handbook of Banana Production, Postharvest Science, Processing Technology, and Nutrition**. Ed. John Wiley and Sons Ltda. p.19-44, 2020.

MADUWANTHI, S.; MARAPANA, R. Biochemical changes during ripening of banana: A review. **International Journal of Food Science and Nutrition**, v. 2, n. 5, p.166-169, 2017.

MADUWANTHI, S.; MARAPANA, R. Comparison of pigments and some physicochemical properties of banana as affected by ethephon and acetylene induced ripening. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 33, 101997, 2021.

MOHAPATRA, A., YUVRAJ, B. AND SHANMUGASUNDARAM, S. Physicochemical changes during ripening of red banana. **International Journal of Science, Environment and Technology**, v. 5, n. 3, p. 1340-1348, 2016.

MUBAROK, S. et al. Impact of 1-Methylcyclopropene combined with chitosan on postharvest quality of tropical banana 'Lady Finger'. **International Journal of Food Properties**. v. 25. n. 1, p. 1171–1185. 2022.

NING, T. et al. Changes in Homogalacturonan Metabolism in Banana Peel during Fruit Development and Ripening. **International Journal of Molecular Sciences**. v. 23. p. 243. 2021

OLIVEIRA JUNIOR, L. F. G. D. et al. Protocol for harvesting 'BRS Princess' banana fruits. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 1, p. e–316, 2017.

PBMH &PIF - Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura &Produção Integrada de Frutas. Normas de classificação de banana. São Paulo: CEAGESP, 2006. (Documentos, 29).

QUEIROZ, L. et al. Influence of Different 'Prata-Anã' Banana Bunch Ages on Post-Harvest Quality. **Journal of Experimental Agriculture International**. p. 1-14. 2019.

RINALDI, M. M.; COSTA, A. M.; BRAZ, S. F. O. A.; ASSIS, D. F. O. S. Conservação pós-colheita de frutos de maracujá-alho BRS Vita Fruit produzidos em sistema convencional e orgânico. **Agrotrópica**, Ilhéus, v. 33, n. 3, p. 205 -214, 2021.

ROCHA, K R.; URIBE, S. J. Relação amido e açúcares solúveis durante o processo de maturação da banana 'prata'. **Tecnologia e ciências agropecuárias**, v. 122, n. 2, p. 51-56. 2018.

SANTOS, C. et al. Quality of bananas harvested at different development stages and subjected to cold storage. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**. v. 48. p. 90-97. 2018.

SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. Fruticultura: colheita, pós colheita e comercialização/ Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR). — 2. ed. Brasília: SENAR, 2017. 76 p.

SILVA, S.O.; AMORIM, E.P.; SEREJO, J.A. dos S.; BORGES, A. L. Cultivares. In: FERREIRA, C. F.; SILVA, S. de O. e; AMORIM, E. P.; SEREJO, J.A.dos S. (Eds.) **O agronegócio da banana**. Brasília, DF: Embrapa, Capítulo 5, p. 645 – 694, 2016.

SUGIANTI, C. et al. Recent Postharvest Technologies in the Banana Supply Chain, **Reviews in Agricultural Science**. v.10, p.123-137, 2022.

THUY, N. et al. Physico-chemical changes in "Xiem" banana cultivar (cultivated in Vietnam) during ripening and storage at different temperatures. **Food Research**. v.5. p. 229-237. 2021.

VIANA, E.S. et al. Banana 'BRS Princesa': Características físico-químicas, nutricionais e sensoriais dos frutos. Circular Técnica 134. **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, Cruz das Almas, 2023.

WIRANATA, M.F. et al. Physiological characteristics of postharvest Barangan banana based on harvest time differences **IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.** v. 542, 012012, 2020.

XIAO, Y.Y. et al. A comprehensive investigation of starch degradation process and identification of a transcriptional activator MabHLH6 during banana fruit ripening. **Plant biotechnology journal**. v.16, n.10, 2017.

XU, F. et al. Influence of 1-methylcyclopropene (1-MCP) combined with salicylic acid (SA) treatment on the postharvest physiology and quality of bananas. **J. Food Process. Preserv.**, v.43, 2019.

YEMM, E.W. & WILLIS, A.J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**. Colchester. v. 57, p.508-514, 1954.

CAPÍTULO 2 – CLIMATIZAÇÃO DE BANANAS TIPO MAÇÃ 'BRS PRINCESA' DURANTE A MATURAÇÃO¹

RESUMO

No processo natural de maturação das frutas, o gás etileno é produzido pelos próprios frutos durante o amadurecimento. Entretanto, esse amadurecimento ocorre de maneira lenta e desigual, sendo necessário a prática de climatização para a comercialização de frutos de bananeira em grande escala a prática de climatização. A cultivar tipo maçã 'BRS Princesa' tem ganhado popularidade entre produtores e consumidores no Brasil, carecendo de informações técnicas sobre a climatização dos seus frutos. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar as características físico-químicas de bananas 'BRS Princesa' climatizadas em diferentes condições de tempo e temperatura. Cachos de banana 'BRS Princesa' foram colhidos em plantio comercial, aos 87 dias após a emissão do cacho. As pencas dos frutos recém-colhidos foram expostas a uma concentração fixa de 100 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno, a temperatura de 16 °C ou 18 °C, durante 0, 12, 24, 36 ou 48 horas. Após os frutos atingirem o estágio 6 de amadurecimento (casca completamente amarela), foram realizadas avaliações físico-químicas. As variáveis luminosidade (L^*), relação SS/AT e pH não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, sugerindo que essas variáveis não foram influenciadas pela climatização. As variáveis tempo para amadurecimento, perda de massa, firmeza da polpa, teor de sólidos solúveis, acidez e os parâmetros de cor cromaticidade (C^*) e ângulo de cor Hue ($^{\circ}\text{H}$) tiveram influência significativa somente do tempo de exposição. Apenas a variável teor de sólidos solúveis apresentou interação significativa entre os parâmetros estudados (tempo e temperatura). O período de 24 horas é o tempo mais adequado para a climatização de bananas da cultivar 'BRS Princesa' com etileno a 100 $\mu\text{L L}^{-1}$.

Palavras-chave: *Musa* spp.; Etileno; Pós-colheita.

¹ Artigo submetido à Revista Ciência e Agrotecnologia.

CHAPTER 2 - ACCLIMATIZATION OF 'BRS PRINCESA' SILK TYPE BANANAS DURING RIPENING

ABSTRACT

In the natural process of fruit ripening, ethylene gas is produced by the fruit itself during ripening. However, this ripening takes place slowly and unevenly, making the practice of acclimatization necessary for the large-scale marketing of banana fruit. The silk type cultivar 'BRS Princesa' has gained popularity among producers and consumers in Brazil, but technical information on the acclimatization of its fruit is lacking. The aim of this study was to evaluate the physical and chemical characteristics of 'BRS Princesa' bananas acclimatized under different time and temperature conditions. Bunches of 'BRS Princesa' bananas were harvested from a commercial plantation at 87 days after the bunch was issued. The slices of freshly harvested fruit were exposed to a fixed concentration of 100 $\mu\text{L L}^{-1}$ of ethylene at a temperature of 16 °C or 18 °C for 0, 12, 24, 36 or 48 hours. After the fruit had reached stage 6 of ripeness (completely yellow skin), physicochemical evaluations were carried out. The variables luminosity (L^*), SS/AT ratio and pH showed no significant differences between the treatments, suggesting that these variables were not influenced by air conditioning. The variables ripening time, mass loss, pulp firmness, soluble solids content, acidity and the color parameters chromaticity (C^*) and color angle Hue ($^\circ\text{H}$) were only significantly influenced by exposure time. Only the soluble solids content variable showed a significant interaction between the parameters studied (time and temperature). A period of 24 hours is the most suitable time for acclimatizing 'BRS Princesa' bananas with ethylene at 100 $\mu\text{L L}^{-1}$.

Keywords: *Musa* spp.; Ethylene; Post-harvest.

2.1. Introdução

A banana é uma das principais frutas consumidas em todo o mundo e desempenha um papel de destaque no mercado global devido à sua produção abundante e popularidade entre os consumidores.

Em 2021, o Brasil produziu cerca de 6,8 milhões de toneladas de bananas. São Paulo liderou como o principal produtor nacional, com uma participação de 14,5%, seguido por Minas Gerais e Bahia, que contribuiu com 12,1% da produção total (IBGE, 2022).

A produção de banana enfrenta desafios significativos, principalmente devido a problemas fitossanitários. A cultivar 'Maçã' tem deixada de ser produzida no Brasil, pois é altamente suscetível à murcha de Fusarium (*Fusarium oxysporum* f. sp. cubense), também conhecida como mal do Panamá, uma doença que causa elevadas de perdas de produção. A cultivar 'BRS Princesa', desenvolvida pela Embrapa, pertencente ao grupo 'Maçã', apresenta características de desenvolvimento e produtividade comparáveis ou superiores a cultivar Maçã. Além de ter grande aceitação pelo consumidor e maior valor de mercado, apresenta a destacada vantagem de ser resistente à murcha de Fusarium, permitindo o seu cultivo em regiões onde esse patógeno é prevalente (Borges; Cordeiro, 2017).

O amadurecimento comercial constitui uma etapa crucial no ciclo de produção de frutas, uma vez que os frutos maduros não são propícios para um armazenamento prolongado devido à sua suscetibilidade à rápida decomposição. Consequentemente, os comerciantes de frutas optam por colher os frutos em estágio verde e distribuí-los precocemente, recorrendo a diversas metodologias para acelerar o processo de maturação dos mesmos (Edogbanya *et al.*, 2023). Para comercializar frutos de bananeira em grande escala, recorre-se à prática da climatização a fim de uniformizar e acelerar o processo de maturação (Zhang *et al.*, 2018). Essa etapa é essencial para garantir que as bananas estejam prontas para o consumo quando chegarem ao mercado, assegurando uma aparência e qualidade uniformes que agradam aos consumidores (Pongprasert; Srilaong; Sugaya, 2020).

É recomendado que a climatização seja realizada em câmaras herméticas equipadas com dispositivos apropriados para a aplicação de etileno, hormônio do amadurecimento e senescência dos frutos, geralmente em temperaturas variando entre 13 a 20 °C, dependendo da cultivar, para evitar injúrias pelo frio (Livramento; Negreiros, 2016).

É de suma importância compreender a resposta fisiológica dos frutos provenientes de diferentes variedades de bananeira, a fim de estabelecer práticas específicas para cada uma delas, visando preservar eficazmente a qualidade pós-colheita e otimizar o processo de comercialização. No momento, não se encontram informações suficientes na literatura a respeito da climatização da cultivar 'BRS Princesa'. Diante dessa lacuna, o presente estudo tem como objetivo avaliar as características físicas, químicas e físico-químicas de bananas 'BRS Princesa' climatizadas em diferentes condições de tempo e temperatura.

2.2. Material e Métodos

2.2.1. Local do experimento

Frutos da cultivar BRS Princesa, provenientes de um bananal comercial situado no município de Presidente Tancredo Neves, Bahia (Latitude: 13° 27' 14" Sul, Longitude: 39° 25' 15" Oeste), foram colhidos aos 87 dias após a emissão da inflorescência, marcada na ocasião da emissão da última penca. Após a colheita, os cachos foram despencados e as pencas transportadas para o Laboratório de Pós-colheita da Embrapa Mandioca e Fruticultura, localizado em Cruz das Almas, Bahia, onde foram selecionadas quanto à ausência de danos mecânicos e sintomas de doenças. Em seguida, as pencas foram divididas em buquês com cinco dedos (frutos) e lavadas em uma solução de detergente neutro a 1%.

2.2.2. Delineamento Experimental

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, seguindo um esquema fatorial 5 x 2 (tempo de exposição ao etileno x temperatura), com cinco repetições (representadas pelos buquês) por tratamento.

Os tratamentos de climatização empregados consistiram na aplicação de etileno (100 $\mu\text{L L}^{-1}$) em diferentes intervalos de tempo: 0 (controle); 12; 24; 36; ou 48 horas de armazenamento. Essas aplicações foram realizadas em duas condições de temperatura, a 16 °C ou 18 °C, mantendo-se a umidade relativa em torno de $75\pm 1\%$.

2.2.3. Aplicação do Etileno

A climatização foi conduzida em caixas herméticas com capacidade para 186 litros, localizadas dentro das câmaras frias com as temperaturas mencionadas. A cada período de 12 horas, as caixas foram abertas para retirada dos frutos de cada tratamento e para exaustão do gás carbônico, sendo realizada a reaplicação do etileno.

O gerador de etileno da marca Banasil® foi empregado como a fonte de produção e liberação de etileno exógeno nas caixas de climatização. A concentração de etileno durante o processo de climatização foi monitorada com auxílio de um cromatógrafo a gás (Agilent

7890B), equipado com coluna (Porapak Q 80/100 Mesh) e detector de ionização de chama (FID).

2.2.4. Análises físico-químicas

Após a fase de climatização, para simular o período de comercialização, os frutos foram mantidos em condições de armazenamento em temperatura ambiente (25 ± 1 °C) até que atingissem o estágio 6 de maturação, caracterizado pela completa coloração amarela da casca, conforme a escala de maturação de Von Loesecke, conforme citado por PBMH e PIF (2006) (Figura 1).



Figura 1. Escala de maturação de Von Loesecke (PBMH & PIF, 2006)

Neste estágio de amadurecimento, foram realizadas análises utilizando três dedos escolhidos aleatoriamente de cada buquê: a) tempo de amadurecimento, determinado pela diferença de dias entre o momento da colheita até os frutos atingirem o estágio 6 de maturação; b) perda de massa, determinada com o auxílio de uma balança comercial; c) cor da casca, avaliada com um colorímetro Minolta CR-400, iluminante D65, escala CIELAB, realizando leituras nos parâmetros luminosidade (L^*), cromaticidade (C^*) e ângulo de cor Hue (h°) em dois pontos equidistantes na região equatorial dos frutos; d) firmeza da polpa, determinada com um penetrômetro manual com ponteira de 8 mm de diâmetro; e) teor de sólidos solúveis (SS), determinado com auxílio de um refratômetro digital Hanna; f) acidez titulável (% ácido málico), determinada por meio de titulometria com uma solução de NaOH (0,1N); g) relação SS/AT, obtida pela razão entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável; h) pH, avaliado com o auxílio de um pHmetro Hanna (Figura 2).

2.2.5. Análises estatísticas

As variáveis avaliadas foram submetidas à análise de variância (ANOVA) pelo teste F, a um nível de probabilidade de 5%, sendo os efeitos dos tratamentos quantitativos submetidos ao modelo de regressão polinomial.

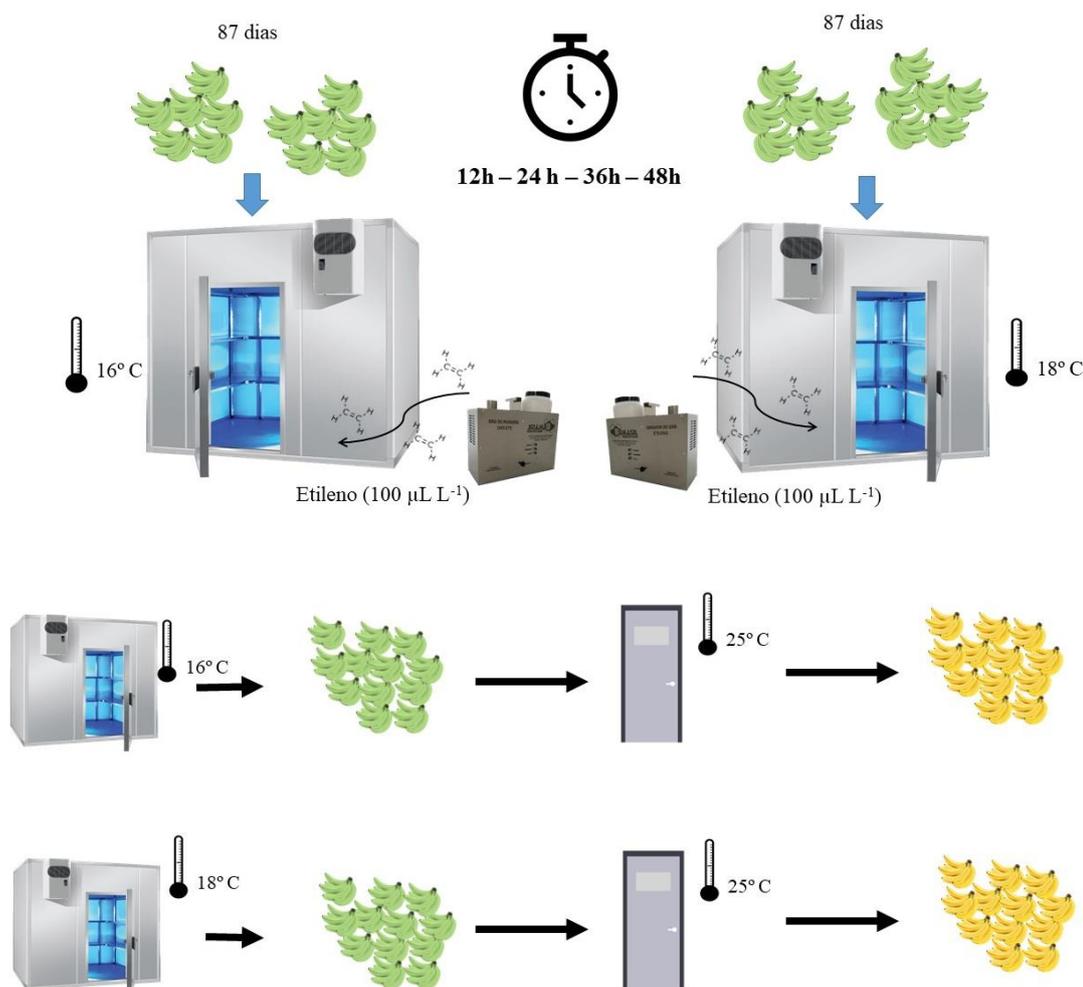


Figura 2. Esquema da montagem do experimento de climatização de banana ‘BRS Princesa’, produzida na região do Baixo Sul da Bahia, mostrando a exposição dos frutos ao etileno, produzido pelo gerador de etileno, em câmaras frias, a duas temperaturas, por quatro períodos de tempo. Após a fase de climatização, para simular o período de comercialização, os frutos foram mantidos em condições de armazenamento em temperatura ambiente ($25\pm 1^\circ C$) até que atingissem o estágio 6 de maturação, caracterizado pela completa coloração amarela da casca.

2.3. Resultados e Discussão

As médias das variáveis luminosidade (L^*) (74,8), relação SS/AT (33,5) e pH (4,33) não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (tempos ou temperaturas), sugerindo que essas variáveis não foram influenciadas pela climatização.

As variáveis tempo para amadurecimento, perda de massa, firmeza da polpa, teor de sólidos solúveis, acidez titulável e os parâmetros de cor cromaticidade (C^*) e ângulo de cor Hue ($^{\circ}$ Hue) tiveram influência significativa somente do tempo de exposição ao etileno, portanto foram apresentadas somente as médias das duas temperaturas. Apenas a variável teor de sólidos solúveis apresentou interação significativa entre os parâmetros estudados (tempo e temperatura).

Foi observado que o tempo de exposição ao etileno exerceu influência direta no período de vida útil dos frutos, pois existiu relação linear inversamente proporcional ($r^2 = 0,90$) entre os dois fatores (Figura 3A). Quanto maior o tempo de climatização, menor o período de dias para amadurecimento dos frutos, pois este processo ocorria de forma mais rápida. Frutos não climatizados (0 horas de exposição) amadureceram em aproximadamente 12 dias, enquanto frutos climatizados com o período de exposição mais longo (48 horas) alcançaram o estágio 6 de maturação em apenas cinco dias após a colheita, o que representa o menor tempo necessário para esse processo (Figura 3A). Destaca-se que, em valores absolutos, a climatização dos frutos por 12 horas foi insuficiente para promover redução do tempo de amadurecimento em relação ao controle.

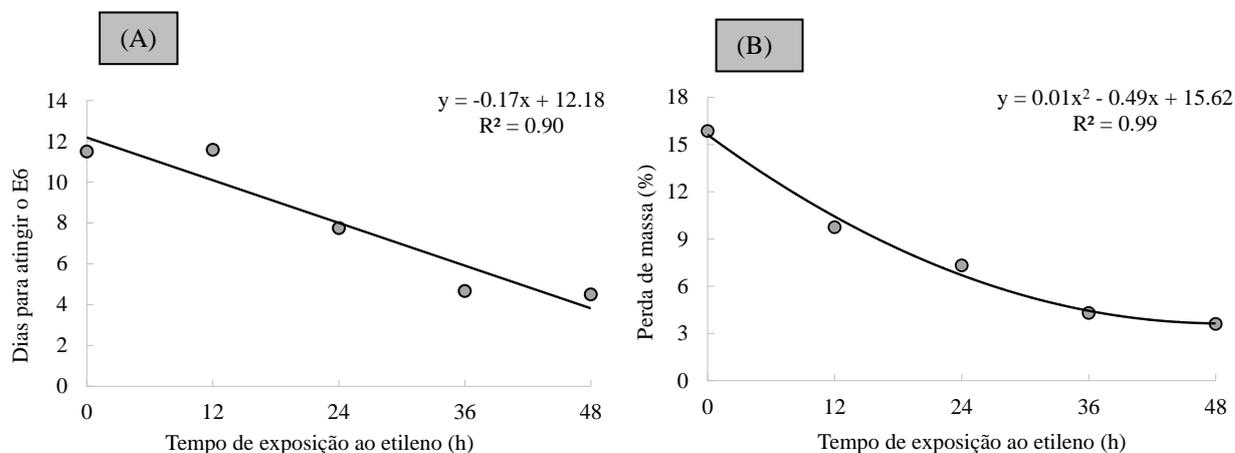


Figura 3. Dias para atingir o estágio 6 de maturação (A) e Perda de Massa (B) de bananas ‘BRS Princesa’ colhidas aos 87 dias após a emissão da última penca da inflorescência e climatizadas em diferentes tempos de exposição ao etileno.

Conforme destacado por Rizzo *et al.* (2023), um fator crítico que afeta o valor econômico das frutas é o encurtamento do período de maturação e a consequente redução da durabilidade pós-colheita. Portanto, os frutos que foram expostos ao tratamento por mais de 24 horas, resultando em um amadurecimento mais rápido, poderiam enfrentar uma desvalorização em termos de preço. A mudança na coloração são indicadores do progresso do amadurecimento

da banana e estão estreitamente relacionados à produção de etileno, como observado por Li *et al.* (2020). A perda de massa das bananas submetidas à climatização diminuiu à medida que o tempo de exposição ao etileno aumentou (Figura 3B). Esse padrão reflete a redução no período de armazenamento dos frutos, uma vez que as bananas submetidas a uma climatização por mais tempo atingiram o estágio 6 de amadurecimento mais rapidamente. Nas bananas que não foram submetidas à climatização (controle), a perda de massa foi a maior (15,9%), que observada nas bananas expostas ao etileno por 48 horas (3,6%).

A perda de massa nos frutos após a colheita é resultante da desidratação provocada pelos processos de transpiração (Calbo; Carmelo, 2017). Quando a perda de massa ultrapassa 10%, essa ocorrência prejudica significativamente a qualidade dos frutos, resultando em uma aparência murcha e, por conseguinte, reduzindo o seu valor comercial (Castricini *et al.*, 2022). Com base nessas informações, apenas os frutos do controle apresentaram uma perda de massa acima dos níveis considerados aceitáveis, o que também se refletiu no aspecto murcho da casca quando atingiram o estágio 6 de maturação. Portanto, a climatização dos frutos da cultivar BRS Princesa, independentemente do período avaliado, proporcionou outra vantagem para a comercialização, que consiste na redução da perda de massa a níveis aceitáveis. Esse resultado coincide com o estudo conduzido por Nobre *et al.* (2018), onde observaram que a aplicação exógena do regulador vegetal etileno resultou em uma menor perda de massa fresca (5,34%) em comparação com frutos amadurecidos naturalmente em temperatura ambiente em bananas Prata-anã (11,17%).

No que diz respeito à coloração da casca, o parâmetro de cromaticidade (C^*), que indica a intensidade das cores, mostrou valores mais elevados nas bananas não submetidas à climatização (Figura 4A). Os valores diminuíram até atingir um mínimo nos frutos climatizados por 24 horas, indicando que a casca adquiriu uma tonalidade amarela mais clara. Posteriormente, esses valores voltaram a aumentar com o aumento do tempo de exposição ao etileno, durante 36 e 48 horas. Em contrapartida, o ângulo de cor Hue aumentou à medida que o tempo de exposição ao etileno se prolongou (Figura 4B), sinalizando que quanto mais longo o período de climatização, mais suave se tornou a tonalidade amarela da casca dos frutos tratados.

Os resultados deste estudo indicam que o desenvolvimento da coloração amarela na banana também está diretamente relacionado ao tempo de exposição ao etileno, uma vez que os frutos expostos por um período maior exibiram uma tonalidade amarelo-esverdeada (Figura

4). Na figura 5, observamos um exemplar de buquê no estágio 6 em cada tratamento, separado pelo tempo de exposição de etileno e temperatura de armazenamento.

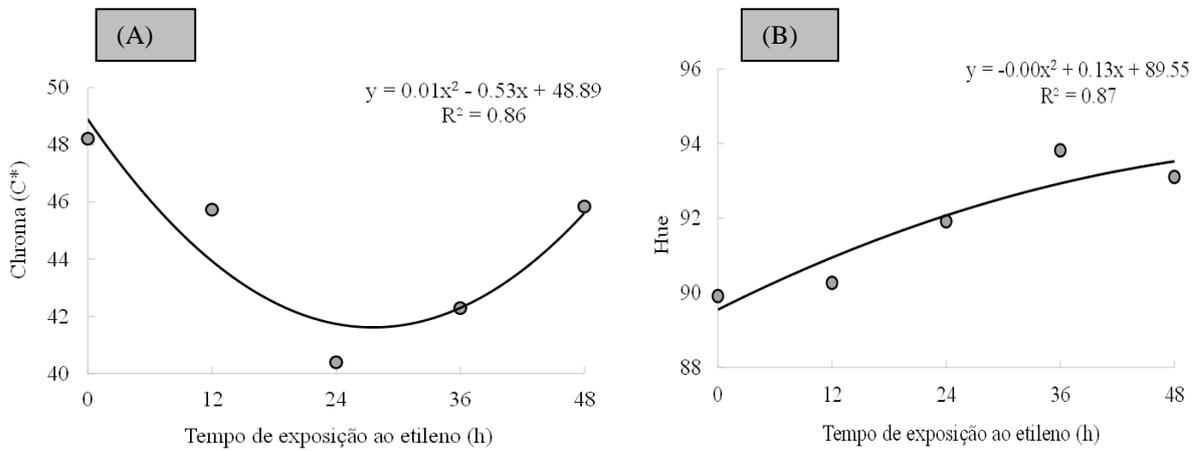


Figura 4. Cromaticidade (C*) (A) e ângulo Hue (B) de bananas ‘BRS Princesa’ colhidas aos 87 dias após a emissão da última penca da inflorescência e climatizadas em diferentes tempos de exposição ao etileno.

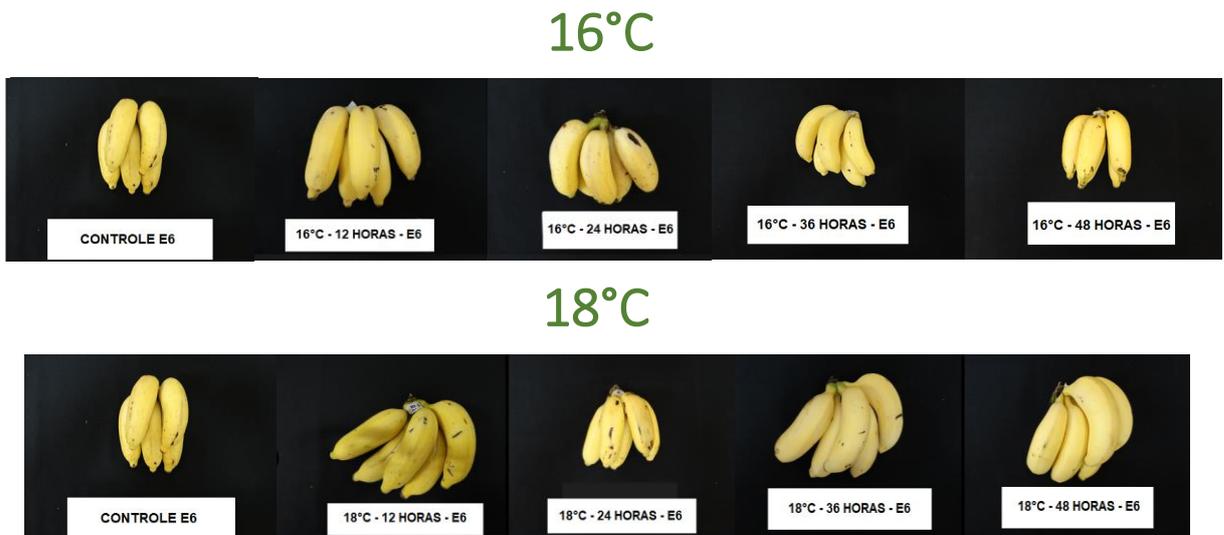


Figura 5. Frutos de banana ‘BRS Princesa’ do tratamento 16°C e 18°C no tempo de exposição de 12, 24, 36 e 48 horas no estágio 6 de amadurecimento. Foto: Elaine Goes Souza.

Em relação à firmeza da polpa, de forma semelhante ao tempo necessário para o amadurecimento, foi observada uma relação linear inversamente proporcional ($r^2 = 0,72$) entre o tempo de exposição dos frutos ao etileno e a firmeza da polpa dos frutos (Figura 6).

A firmeza é uma característica de grande importância, tanto no que se refere à resistência durante o transporte e manuseio dos frutos, quanto nas características sensoriais, como a textura (Castricini *et al.*, 2019). As mudanças na textura que levam ao amolecimento

dos frutos durante o processo de amadurecimento estão associadas à redução da firmeza, resultante da ação de enzimas que degradam componentes como celulose, hemicelulose e pectina, que compõem a parede celular primária e a lamela média e esse processo enfraquece a estrutura celular dos frutos (Yang *et al.*, 2019). Durante o processo de amadurecimento o amido é transformado em açúcares mais simples afetando a firmeza da polpa de bananas (Maduwanthi; Marapana, 2021).

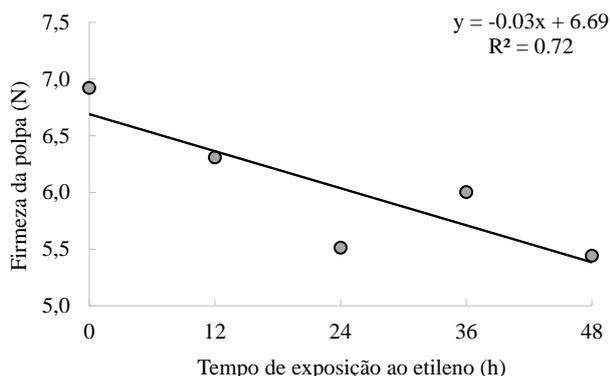


Figura 6. Firmeza da polpa de bananas ‘BRS Princesa’ colhidas aos 87 dias após a emissão da última penca da inflorescência e climatizadas em diferentes tempos de exposição ao etileno.

Observou-se uma redução gradual do teor de sólidos solúveis dos frutos maduros com o aumento do tempo de exposição dos frutos ao etileno, havendo tendência significativa de queda mais acentuada para a temperatura de 18 °C. Nesta temperatura os frutos tratados por 24 horas apresentaram maiores valores. Entretanto, conforme mencionado previamente o decréscimo dos teores de sólidos solúveis e da acidez titulável não alterou os valores da proporção SS/AT(Figura 7A).

Sabe-se que a degradação do amido acumulado pelos frutos tem relação com o aumento no teor de açúcares da banana e no crescimento paralelo do teor de sólidos solúveis durante o amadurecimento (Zhu *et al.*, 2021). Apesar de maior exposição ao etileno, frutos submetidos a maior tempo de climatização tiveram menor tempo de amadurecimento, indicando que esse processo de conversão de amido em açúcares, e consequente aumento no teor de sólidos solúveis (Triardianto; Bintoro, 2021), pode requerer maior tempo para uma conversão mais eficiente.

A acidez titulável nos frutos maduros diminuiu à medida que o tempo de exposição dos frutos ao etileno aumentou (Figura 7B). Essa acidez está relacionada aos ácidos orgânicos dissolvidos nos vacúolos das células, que diminuem à medida que os frutos amadurecem, uma vez que são utilizados como substrato no processo respiratório (Rosa *et al.*, 2018).

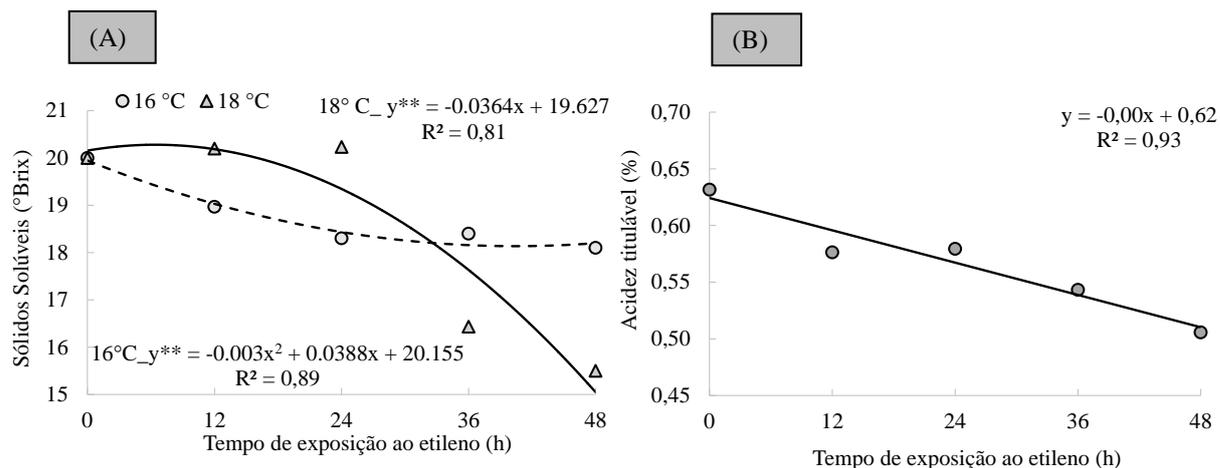


Figura 7. Sólidos solúveis (%) (A) e Acidez Titulável (%) (B) de bananas ‘BRS Princesa’ colhidas aos 87 dias após a emissão da última penca da inflorescência e climatizadas em diferentes temperaturas e tempos de exposição ao etileno.

Em um estudo realizado por Santos *et al.* (2019) que comparou diversas técnicas de maturação, foi observado que os frutos armazenados em um ambiente com temperatura mais elevada, apresentaram um menor teor de acidez. Isso demonstra que diferentes temperaturas exercem influência sobre essa variável, mesmo que de forma sutil. Considerando essa redução sutil da acidez, como também observada neste estudo, e com o intuito de economizar energia, a climatização a 18 °C parece ser uma alternativa viável para reduzir custos.

2.4. Conclusão

O período de 24 horas é o tempo mais adequado para a climatização de bananas da cultivar 'BRS Princesa' com etileno a 100 uL L⁻¹a 18°C.

REFERÊNCIAS

BORGES, A. L.; CORDEIRO, Z. J. M. **Cultivo de bananeiras tipo maçã - 'BRS Princesa' e 'BRS Tropical'**. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

CALBO, A.G; CARMELO, L. G. P. Fisiologia pós-colheita - métodos macroscópicos e instrumentos. In: FERREIRA, M.D. **Instrumentação pós-colheita em frutas e hortaliças**. Brasília, DF, Brasil: Embrapa, p.19-64, 2017.

CASTRICINI, A. et al. Manejo da irrigação na qualidade pós-colheita de bananas tipo prata. **Water resources and irrigation management**, Cruz das Almas, v. 2, n. 7, p. 1-13, 2019.

CASTRICINI, Ariane et al. Climatização de banana ‘BRS Platina’. Belo Horizonte: **Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais**, 2022.

EDOGBANYA, O. et al. Banana (*Musa sapientum*) peels as a potential ripening agent for its fruits. **Management and Economics Research Journal**. v. 9. p. 1-5. 2023.

IBGE. Sidra: Produção Agrícola Municipal, 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: 19 set. 2023.

LI, L. SHI, C. LI, X. FU, B. Zhang Metal-organic framework based on α -cyclodextrin gives high ethylene gas adsorption capacity and storage stability. **ACS Applied Materials & Interfaces**, v. 12, p. 34095-34104, 2020.

LIVRAMENTO, G.; NEGREIROS, R.J. Z. **Banana: Recomendações técnicas para o cultivo no litoral norte de Santa Catarina**. Florianópolis, SC, Brasil: Epagri, 2016. 101p.

MADUWANTHI, S.D.T.; MARAPANA, R.A.U.J.. Comparison of pigments and some physicochemical properties of banana as affected by ethephon and acetylene induced ripening. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 33, p. 101997, 2021.

NOBRE, Regina Célia Gomes Garcia et al. Post-harvest quality of bananas Prata-anã and Nanica after application of exogenous ethylene in maturation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, p. e-904, 2018.

PBMH E PIF - PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA E PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS. **Normas de Classificação de Banana**. São Paulo, SP, Brasil: CEAGESP, 2006.

PONGPRASERT N., SRILAONG, V.; SUGAYA, S. An alternative technique using ethylene micro-bubble technology to accelerate the ripening of banana fruit. **Scientia Horticulturae**, n. 272, e109566, 2020.

RIZZO, M. et al. Fruit ripeness classification: A survey. **Artificial Intelligence in Agriculture**, 2023.

ROSA, C.I.L.F.et al., Pós-colheita e comercialização. In: BRANDÃO FILHO, J.U.T. et al., comps. **Hortaliças-fruto**. Maringá, PR, Brasil: EDUEM, p. 489-526, 2018.

SANTOS, W. W. V. et al. Efeito de diferentes métodos de maturação sobre a qualidade da banana prata. **Diversitas Journal**, v. 4, n. 3, p. 1092–1104, 2019.

TRIARDIANTO, D; BINTORO, N. The effect of gaseous ozone exposure and storage room temperatures on ethylene production, peel colour, and total soluble solid content of banana fruit (*musa acuminata*) during storage. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. v. 828. e012044, 2021.

WANG, ZY. et al. Polygalacturonase gene expression in kiwifruit: Relationship to fruit softening and ethylene production. **Plant Molecular Biology**, v. 42, n. 2, p. 317-328, 2000.

XIAO, Y.Y. et al. Banana ethylene response factors are involved in fruit ripening through their interactions with ethylene biosynthesis genes. **Journal of experimental botany**, v. 64, p. 2499-2510, 2013.

YANG, J. et al.. Effect of morin on the degradation of water-soluble polysaccharides in banana during softening, **Food Chemistry**, v. 287, p. 346-353, 2019.

ZHANG, Y. et al. Deep indicator for fine-grained classification of banana's ripening stages. **Eurasip Journal on Image and Video Processing**, v. 46, p. 2 1-10, 2018.

ZHU, Li-Sha et al. Ethylene-induced banana starch degradation mediated by an ethylene signaling component MaEIL2. **Postharvest Biology and Technology**, v. 181, e111648, 2021.

CAPÍTULO 3 – PROLONGAMENTO DA OFERTA DE BANANAS ‘BRS PRINCESA’ ARMAZENADAS SOB REFRIGERAÇÃO²

RESUMO

A banana é um fruto climatérico de vida pós-colheita curta e que sofre mudanças acentuadas durante seu amadurecimento. O armazenamento refrigerado é considerado a forma mais eficaz de preservar a qualidade dos frutos, diminuindo seu metabolismo. Assim, o trabalho teve como objetivo avaliar as características físico-químicas de bananas ‘BRS Princesa’ armazenadas sob refrigeração, visando determinar o período de vida útil pós-colheita. Os frutos recém-colhidos (estádio 1 de maturação) foram armazenados em câmara fria, em temperatura de 14 ± 1 °C e 75 ± 1 % UR por períodos de 0, 7, 14, 21 ou 28 dias. Após cada período, os frutos foram retirados da câmara fria e mantidos em temperatura ambiente (25 ± 1 °C) até apresentarem coloração da casca completamente amarela (estádio 6 de maturação). As avaliações foram realizadas logo após a retirada dos frutos da refrigeração e quando os frutos atingiram o estágio 6. A refrigeração afetou todas as variáveis de qualidade físico-química dos frutos avaliados após a retirada da câmara fria. Porém, quando os frutos atingiram o completo amadurecimento, as variáveis rendimento da polpa, sólidos solúveis e açúcares solúveis totais não apresentaram diferença significativa, indicando um amadurecimento semelhante ao controle. Frutos armazenados por 21 e 28 dias apresentaram índices de injúrias por frio. As bananas ‘BRS Princesa’ podem ser armazenadas a 14 °C por um período de até 14 dias, sem prejuízo à boa aparência e qualidade dos frutos, com incremento de 8 dias na possibilidade de consumo dos frutos, quando comparados ao controle.

Palavras-chave: *Musa* spp.. Refrigeração. Vida útil. Pós-colheita. Dano por frio.

² Artigo publicado na Revista Caatinga.

CHAPTER 3 – EXTENSION OF THE SHELF-LIFE OF 'BRS-PRINCESA' BANANAS THROUGH REFRIGERATED STORAGE

ABSTRACT

Bananas are a climacteric fruit with a short post-harvest life that undergoes marked changes during ripening. Refrigerated storage is considered the most effective way of preserving fruit quality by reducing its metabolism. The aim of this study was to evaluate the physical and chemical characteristics of 'BRS Princesa' bananas stored under refrigeration in order to determine their post-harvest shelf life. The freshly harvested fruit (stage 1 of ripeness) were stored in a cold room at a temperature of 14 ± 1 °C and 75 ± 1 % RH for periods of 0, 7, 14, 21 or 28 days. After each period, the fruit was removed from the cold room and kept at room temperature (25 ± 1 °C) until the skin was completely yellow (stage 6 of ripeness). Evaluations were carried out as soon as the fruit was removed from refrigeration and when it reached stage 6. Refrigeration affected all the physicochemical quality variables of the fruit assessed after removal from the cold room. However, when the fruit reached full ripeness, the variables pulp yield, soluble solids and total soluble sugars showed no significant difference, indicating ripeness similar to the control. Fruits stored for 21 and 28 days showed indices of cold damage. The 'BRS Princesa' bananas can be stored at 14 °C for up to 14 days without damaging the good appearance and quality of the fruit, with an increase of 8 days in the possibility of consuming the fruit when compared to the control.

Keywords: *Musa* spp. Refrigeration. Shelf life. Post-harvest. Chilling.

3.1. Introdução

O Brasil é o quarto maior produtor mundial de bananas (FAO, 2021), com destaque para os estados de São Paulo e Bahia, que juntos contribuíram com 26,6% da produção nacional, fazendo-o o terceiro estado com a maior produção no país (IBGE, 2021). Dentre as frutas tropicais, a banana é uma das mais rentáveis (Kist *et al.*, 2018). Mesmo com 98% da produção consumida internamente, a bananicultura brasileira possui potencial para ampliar a participação no mercado externo (Baptistella *et. al.*; 2019). Em 2022 foram exportadas 83 toneladas, gerando 37 milhões de dólares (COMEXSTAT, 2022).

A produção de bananas, principalmente tipo 'maçã', é afetada por doenças como a

murcha de *Fusarium* que tem como agente causal o fungo de solo *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*, que em casos graves, causam perdas na produção de até 100% (Kannan *et al.*, 2022). Como alternativa para minimizar esse problema, a Embrapa Mandioca e Fruticultura desenvolveu um híbrido do tipo ‘maçã’, a ‘BRS Princesa’ (AAAB), resistente à Sigatoka negra e à murcha de *Fusarium*, raça 1 (Soares *et al.*, 2021).

Outro fator que induz as perdas na cultura é a vida pós-colheita curta. Por ser um fruto climatérico, a banana apresenta mudanças acentuadas nas características físico-químicas durante o amadurecimento (Neris *et al.*, 2018). Como alternativa para prolongar a vida útil e preservar a qualidade dos frutos após a colheita, aplica-se a refrigeração, na qual as bananas devem ser armazenadas em temperaturas mínimas de 13 °C, pois são frutos de alta sensibilidade às injúrias pelo frio (*chilling*) (Brecht *et al.*, 2019). Ao serem acondicionados abaixo da temperatura limite de refrigeração, os frutos apresentam descoloração da superfície da casca, o escurecimento vascular subepidérmico, amadurecimento retardado ou anormal e, por vezes, o não amadurecimento, que estão relacionados tanto com a temperatura como com o tempo de exposição (Chang *et al.*, 2022). A integridade da membrana plasmática, que é fundamental para a manutenção da qualidade, é alterada ou danificada sob temperatura ou outros estímulos de stress durante o armazenamento (Huang *et al.*, 2019).

Há registro na literatura demonstrado variação quanto a resistência ao frio entre cultivares, a exemplo de bananas de variedade ‘Pacovan’, onde a conservação em 12±1°C mostrou-se eficiente na manutenção da qualidade físico-química de frutos por 12 dias (Barbosa *et al.*, 2019), e de frutos de bananeira ‘Prata Anã’ que podem ser armazenadas a 13,5 °C por 25 dias (Santos *et al.*, 2018). Bananas ‘Caipira’, que são do tipo ‘Maçã’, suportaram um armazenamento de até 28 dias a 14 °C (Lima *et al.*, 2014).

Por ser uma cultivar relativamente nova no mercado, existem poucas informações a respeito do manejo pós-colheita de bananas ‘BRS Princesa’, em especial sobre o armazenamento refrigerado. Diante disso, o trabalho teve como objetivo avaliar as características físico-químicas de bananas ‘BRS Princesa’, visando determinar o período de vida útil pós-colheita dos frutos armazenados sob baixa temperatura, informação de vital importância para que a comercialização seja eficiente, principalmente para mercados mais distantes.

3.2. Material e métodos

3.2.1. Colheita e preparo dos frutos

Os frutos da cultivar BRS Princesa foram obtidos de uma propriedade comercial localizada no município de Presidente Tancredo Neves-BA (Latitude: 13° 27' 14" Sul, Longitude: 39° 25' 15" Oeste). A colheita ocorreu aos 87 dias após a emissão do cacho, contados a partir da queda da bráctea que recobre a última penca viável. Em seguida, as pencas foram retiradas do engajo e transportadas até o Laboratório de Pós-colheita da Embrapa Mandioca e Fruticultura, localizado na cidade de Cruz das Almas-BA.

As pencas foram subdivididas em buquês de cinco frutos, os quais foram lavados em solução de água com detergente neutro (1%). Após a lavagem, os buquês [estádio 1 de maturação (E1) – casca completamente verde] foram armazenados em câmara fria a 14 ± 1 °C e $75\pm 1\%$ UR, por até 28 dias. Os tratamentos consistiram em períodos de armazenamento refrigerado (0 - controle; 7; 14; 21; 28 dias), seguido de armazenamento externo em outro ambiente climatizado com temperatura de 25 ± 1 °C até que os frutos atingissem o completo amadurecimento [estádio 6 de maturação (E6) - casca completamente amarela]. O tratamento controle foi formado pelos buquês armazenados em uma sala climatizada com temperatura ambiente 25 ± 1 °C, sem refrigeração (0 dias). As avaliações foram realizadas logo após a retirada dos frutos da câmara fria e após o completo amadurecimento dos frutos (E6). (Figura 1).

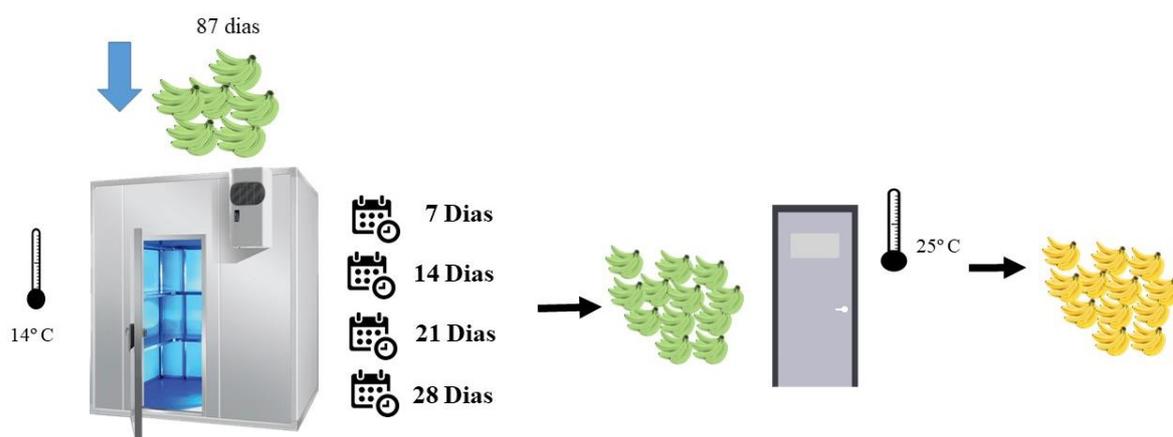


Figura 1. Esquema da montagem do experimento de refrigeração de banana ‘BRS Princesa’, produzida na região do Baixo Sul da Bahia, mostrando a exposição dos frutos a 14°C por quatro períodos de tempo. Após o período sob baixas temperaturas, os frutos foram mantidos em condições de armazenamento em temperatura ambiente (25 ± 1 °C) até que atingissem o estágio 6 de maturação, caracterizado pela completa coloração amarela da casca.

3.2.2. Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições (buquês). A unidade experimental consiste em um buquê de 5 frutos por data de avaliação. Os tratamentos consistiram em períodos de armazenamento refrigerado (controle; 7; 14; 21; 28 dias).

3.2.3. Características avaliadas

As análises foram realizadas utilizando três frutos escolhidos aleatoriamente de cada buquê. As variáveis analisadas foram: a) estágio de maturação, de acordo com a escala de maturação de Von Loesecke (PBMH & PIF, 2006) avaliados nos frutos logo após a retirada da câmara; b) dias para amadurecimento, avaliado nos frutos após exposição à temperatura ambiente; c) injúria por frio, mediante observação de pontos depressivos escurecidos e marrons na casca dos frutos com base em escala proposta por Promyou, Ketsa e Doorn (2008), onde: 1- sem injúria por frio; 2- injúria leve (1 a 20% da casca dos frutos afetados); 3- injúria moderada (21 a 50% da casca dos frutos afetados); 4- injúria severa (51 a 80% da casca dos frutos afetados); 5- injúria muito severa (81 a 100% da casca dos frutos afetados), onde o índice de injúria por frio (IIF) foi calculado pela fórmula $\sum (\text{nível da injúria} \times \text{número de frutos neste nível}) / \text{número total de frutos}$; d) perda de massa, foi determinada pela diferença, em porcentagem, entre a massa inicial e final do fruto, utilizando-se a equação: $(\text{peso inicial} - \text{peso final} / \text{peso inicial}) \times 100$; e) rendimento de polpa, calculado pela razão entre o peso da polpa e da casca; f) firmeza da polpa, determinada com auxílio de penetrômetro manual equipado com ponteira de 8 mm de diâmetro; g) teor de sólidos solúveis (SS), determinado com auxílio de refratômetro digital; h) acidez titulável (AT), estabelecida por titulometria com solução de NaOH (0,1N); i) relação SS/AT, calculada pela relação entre teores de SS e AT; j) açúcares solúveis totais (AST), determinado por hidrólise ácida e quantificados por espectrofotometria (YEMM; WILLIS, 1954).

3.2.4. Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F a 5% de probabilidade, sendo os efeitos dos tratamentos quantitativos submetidos ao modelo de

regressão polinomial, através do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2019).

3.3. Resultados e discussão

Houve influência do armazenamento refrigerado sobre todas as variáveis de qualidade físico-química nas avaliações realizadas logo após a retirada da câmara fria, porém quando os frutos foram transferidos para a temperatura ambiente e atingiram o ponto de consumo (estádio 6), as variáveis rendimento da polpa, sólidos solúveis e açúcares solúveis totais não apresentaram diferença significativa entre os períodos de armazenamento refrigerado.

O estágio de maturação dos frutos logo após a retirada da câmara fria apresentou aumento linear significativo ao longo do período de armazenamento refrigerado, mostrando que quanto maior o tempo de armazenamento sob refrigeração, maior o grau de amadurecimento dos frutos (Figura 2A). As bananas armazenadas sob refrigeração até sete dias ainda apresentavam estágio de maturação semelhante aos frutos recém-colhidos (E1 – casca totalmente verde). Frutos armazenados por 14 ou 21 dias foram retirados da câmara fria no estágio 2 de maturação (casca verde com traços amarelos), enquanto aqueles armazenados por 28 dias apresentavam maturação mais avançada (estádio 3 – casca mais verde do que amarelo) (Figura 2A).

Embora o metabolismo dos frutos permaneça ativo de forma lenta em temperaturas mais baixas, a atividade é suficiente para promover avanços no amadurecimento dos frutos ao longo do tempo sob refrigeração. Isso refletiu-se na redução proporcional do período necessário para o alcance da coloração completamente amarela (E6) quando os frutos foram transferidos para um ambiente a 25 °C (simulando comercialização -Figura 2B).

Os frutos armazenados por 28 dias sob refrigeração, que se encontravam mais amadurecidos ao serem retirados da câmara fria, com a casca mais verde que amarela (estádio 3), apresentaram o menor período para atingirem o estágio 6 (três dias) em relação aos demais períodos de armazenamento (Figura 2B). Os processos bioquímicos e fisiológicos são acelerados quando os frutos são expostos ao calor após o armazenamento refrigerado (Araújo *et al.*, 2020), além disso, o maior grau de amadurecimento dos frutos de 28 dias também contribuiu para a redução do período de armazenamento a 25 °C.

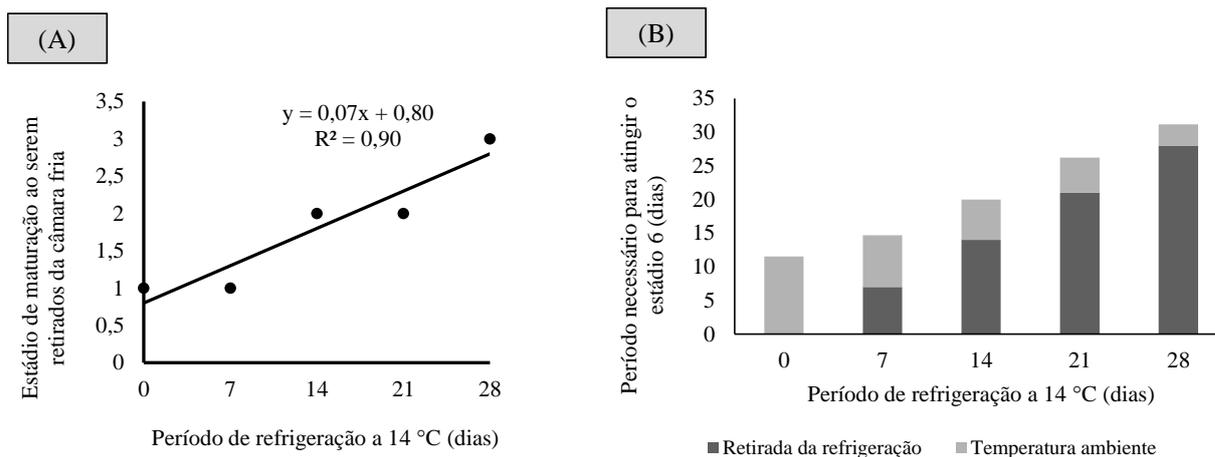


Figura 2. Estádio de maturação de frutos de ‘BRS Princesa’ armazenados a 14° C por 0, 7, 14, 21 e 28 dias no momento da retirada da câmara fria (A) e Período necessário para atingir o estágio 6, após transferência para temperatura ambiente a 25°C (B).

O uso do armazenamento refrigerado em bananas ‘BRS Princesa’ aumentou o período de conservação dos frutos em 3, 8, 14 e 19 dias para os frutos armazenados por 7, 14, 21 e 28 dias, respectivamente, quando comparados com os frutos do tratamento controle (12 dias). Estes dias a mais de conservação dos frutos foram comparados com os frutos do tratamento controle (12 dias), somados aos dias que ficaram sob refrigeração. Como na prática, do ponto de vista comercial, os frutos de bananeiras necessitam de poucos dias para a comercialização, neste caso os frutos armazenados por 7, 14 e 21 dias se mantiveram por 8, 6 e 5 dias até o completo amadurecimento. (Figura 2B).

Houve aumento no índice de injúria pelo frio ao longo do período de armazenamento. Estas injúrias puderam ser notadas logo após a retirada da câmara fria a partir dos 14 dias de armazenamento refrigerado, mas tiveram seus sintomas intensificados após serem transferidos para 25 °C e evidenciados ao atingirem o estágio 6 – casca amarela (Figura 3). Até os 14 dias de armazenamento refrigerado os frutos apresentavam sintomas leves de injúria pelo frio (Figura 4), sem comprometimento de sua aparência. Frutos armazenados por mais tempo (21 e 28 dias) apresentavam sintomas moderados e os frutos mantidos por 28 dias apresentaram crescimento de fungos no pedúnculo, reduzindo a qualidade comercial. Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira *et al.* (2016) ao estudarem o comportamento de tolerância ao frio de cultivares de bananas Nanicão, Caipira e Maçã que apresentaram sintomas mais evidentes de dano por frio após 16 dias de armazenamento refrigerado. Chang *et al.* (2022) observaram escurecimento vascular na casca no 19° dia de armazenamento à 14°C em bananas Cavendish.

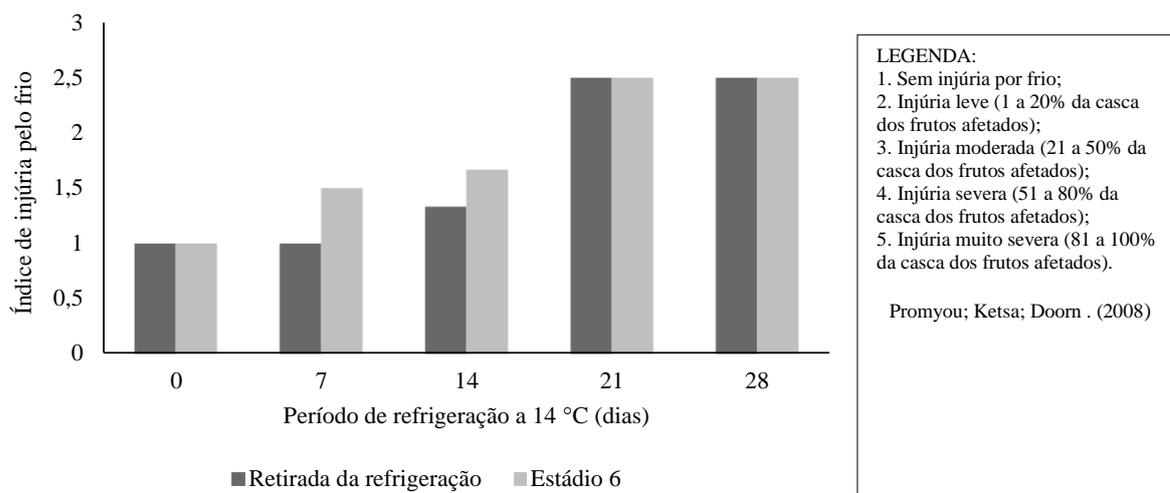


Figura 3. Índice de injúria pelo frio em frutos de ‘BRS Princesa’ armazenados a 14° C por 0, 7, 14, 21 e 28 dias no momento da retirada da câmara fria e ao atingirem o estágio 6, após transferência para temperatura ambiente a 25°C.

A perda de massa apresentou aumento significativo durante o armazenamento refrigerado nas avaliações dos frutos transferidos para a temperatura ambiente (E6) (Figura 5). Os frutos que permaneceram na câmara fria por 28 dias foram os que apresentaram maior perda de massa. Os frutos sem refrigeração e que amadureceram em temperatura ambiente ($25\pm 1^{\circ}\text{C}$) perderam 39% a mais de massa fresca em comparação à média de perda de massa dos frutos armazenados a $14\pm 1^{\circ}\text{C}$, mostrando a eficiência da baixa temperatura na diminuição da variável em questão. A redução da temperatura promove a atenuação na atividade respiratória dos produtos, bem como na capacidade do ambiente em absorver umidade, com consequente redução da perda de água por transpiração (Finger; Vieira, 2023).

Segundo Morgado *et al.* (2022) entre as vantagens do uso do armazenamento refrigerado têm-se o retardo nos processos metabólicos e diminuição da desidratação e ocorrência de podridões. No último período de avaliação, os frutos demonstraram sintomas de murchamento, pois a perda de massa em produtos perecíveis ocorre mesmo quando estes são armazenados em condições ótimas, devido ao efeito da respiração e transpiração (Souza *et al.*, 2019). Valores semelhantes foram encontrados por Batista *et al.* (2021) ao armazenarem bananas ‘Prata’ por 21 dias nas mesmas condições deste trabalho.

O rendimento da polpa apresentou aumento linear ao longo do período de armazenamento refrigerado, para as avaliações realizadas logo após a retirada da câmara fria, partindo de 64,5% nos frutos controle e atingindo 70,8% nos frutos armazenados por 28 dias (Figura 6A). Porém, quando os frutos atingiram o estágio 6, não foi observada diferença significativa entre os períodos de armazenamento refrigerado (Figura 6B), com rendimento

médio de 75,4%. Este resultado é positivo, indicando que o armazenamento refrigerado não afeta esta variável após os frutos atingirem o estágio adequado para consumo.



Figura 4. Comparação entre os frutos armazenados em temperatura ambiente e que passaram por armazenamento refrigerado pelos períodos de 7, 14, 21, 28 dias, no estágio 1, ao sair da câmara fria e estágio 6. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA, 2023.

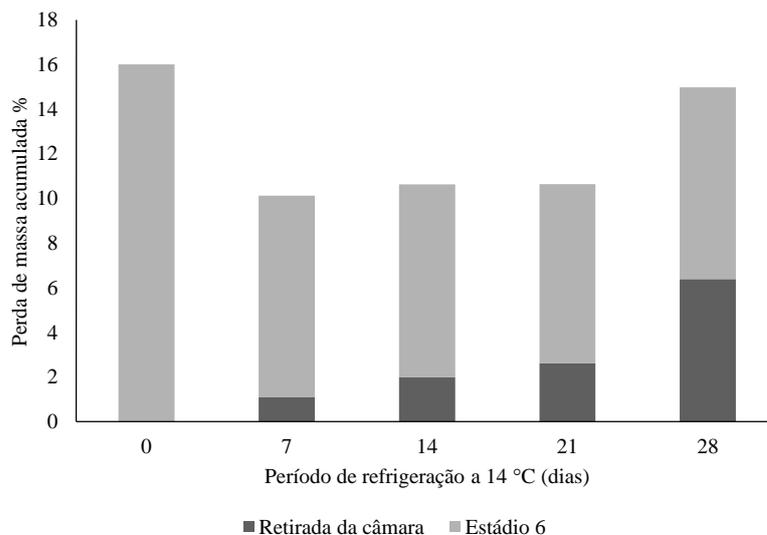


Figura 5. Perda de massa acumulada (%) em frutos de 'BRS Princesa' armazenados a 14°C por 0, 7, 14, 21 e 28 dias no momento da retirada da câmara fria e ao atingirem o estágio 6, após transferência para temperatura ambiente a 25°C.

O aumento do rendimento de polpa durante o amadurecimento é provavelmente devido a mudanças na concentração de açúcar na polpa e na casca. Um rápido aumento nos teores de açúcar na polpa em relação à casca leva a mudanças na pressão osmótica devido a água retirada da casca e, portanto, a proporção de polpa para casca aumenta proporcionalmente (Mohapatra *et al.*, 2016).

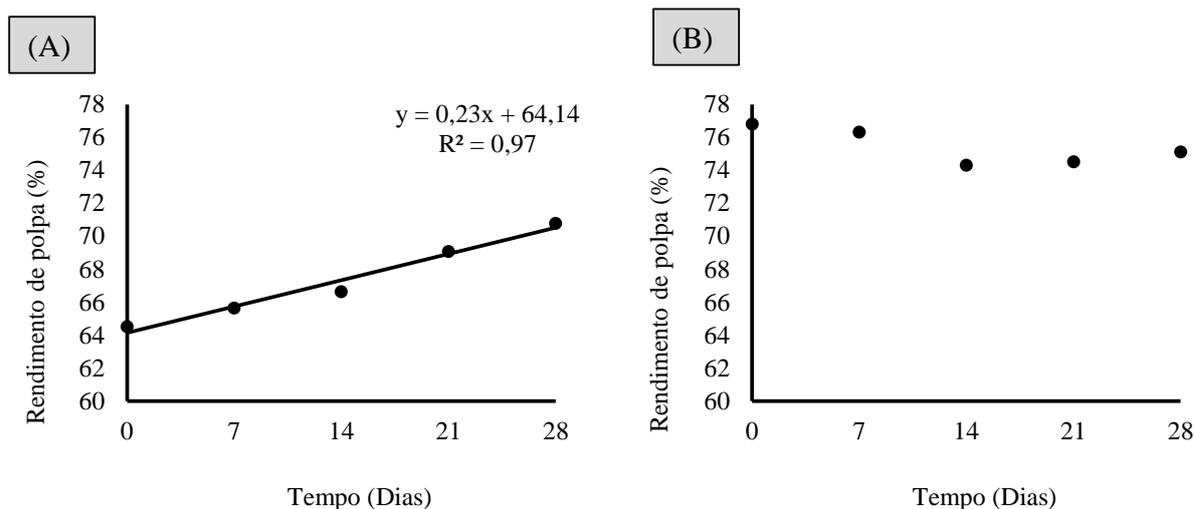


Figura 6. Rendimento de polpa (%) em frutos de ‘BRS Princesa’ armazenados a 14° C por 0, 7, 14, 21 e 28 dias no momento da retirada da câmara fria (A) e ao atingirem o estágio 6, após transferência para temperatura ambiente a 25°C (B).

Houve redução significativa da firmeza durante o período de armazenamento refrigerado para os frutos avaliados logo após retirada da câmara fria, com ajuste quadrático na curva de regressão (Figura 7A). Os maiores valores de firmeza foram observados nos frutos armazenados durante 14 dias e os menores foram observados nos armazenados por 28 dias (Figura 7A). Quando os frutos atingiram o estágio 6 apresentavam firmeza bem inferior aos frutos avaliados logo após as retiradas das câmaras frias e também foi observada diferença significativa entre os períodos de armazenamento refrigerado, sendo uma tendência de queda até o 14º dia de armazenamento e aumento a partir deste período (Figura 7B). Embora, tenha sido observada diferença significativa após os frutos atingirem o estágio 6 esta foi de 2,4 N entre a maior e menor firmeza.

A redução acentuada de firmeza entre a retirada da câmara fria, até os frutos atingirem o estágio 6 está relacionada ao processo de maturação. O amolecimento da banana está associado à degradação dos compostos da parede celular, redução do amido e aumento do teor de açúcar (Youryon; Supapvanich, 2017). No entanto, a velocidade da perda de firmeza pode

ser retardada por meio do controle das condições de armazenamento, como temperatura, umidade e presença de gases, como o etileno (Gill *et al.*, 2017).

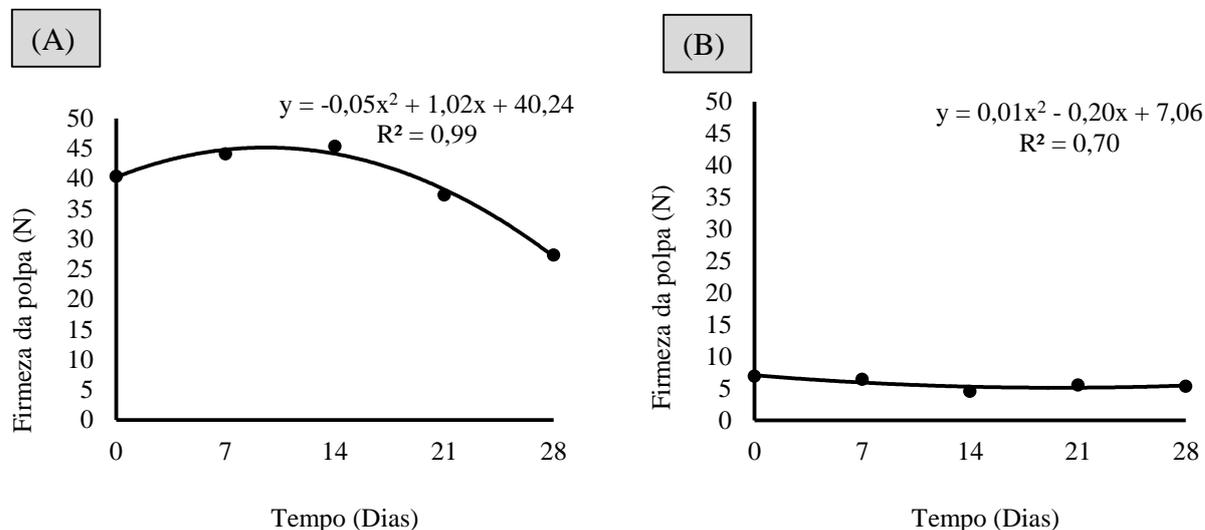


Figura 7. Firmeza da polpa (N) dos frutos de 'BRS Princesa' ao saírem da câmara fria (A) e ao atingirem o estágio 6 (B), armazenados por 0, 7, 14, 21 e 28 dias.

Nas avaliações realizadas logo após a retirada das bananas da câmara fria foi observado aumento significativo nos teores sólidos solúveis ao longo do período de armazenamento refrigerado (Figura 8A), porém com valores bem abaixo do observado nos frutos que amadureceram após serem transferidos para temperatura ambiente (no estágio 6) (Figura 8B). No entanto, quando os frutos atingiram o estágio 6 não foi observado diferença significativa entre os períodos de armazenamento refrigerado para as variáveis sólidos solúveis e açúcares solúveis totais. Foi observada também uma correlação positiva ($r=0,89$) entre estas variáveis (Figura 8B), indicando que o armazenamento a 14°C não influenciou a doçura quando os frutos estavam completamente maduros e aptos a serem consumidos.

A intensificação da doçura do fruto durante o amadurecimento é principalmente devido ao aumento na concentração de açúcares solúveis, como a glucose, frutose e sacarose, devido a mudanças bioquímicas, como a quebra de ácidos orgânicos e a síntese de compostos voláteis, que também podem contribuir para o sabor doce e aroma dos frutos maduros (Rocha; Uribe, 2018).

A acidez titulável apresentou crescimento linear durante o armazenamento refrigerado nos frutos recém-retirados da câmara fria (Figura 9A). Este aumento é devido ao avanço nos estádios de maturação quando os frutos ainda estavam sob refrigeração. Ao atingirem o estágio

6 houve uma queda significativa na acidez titulável nos frutos dos diferentes períodos de armazenamento refrigerado (Figura 9B).

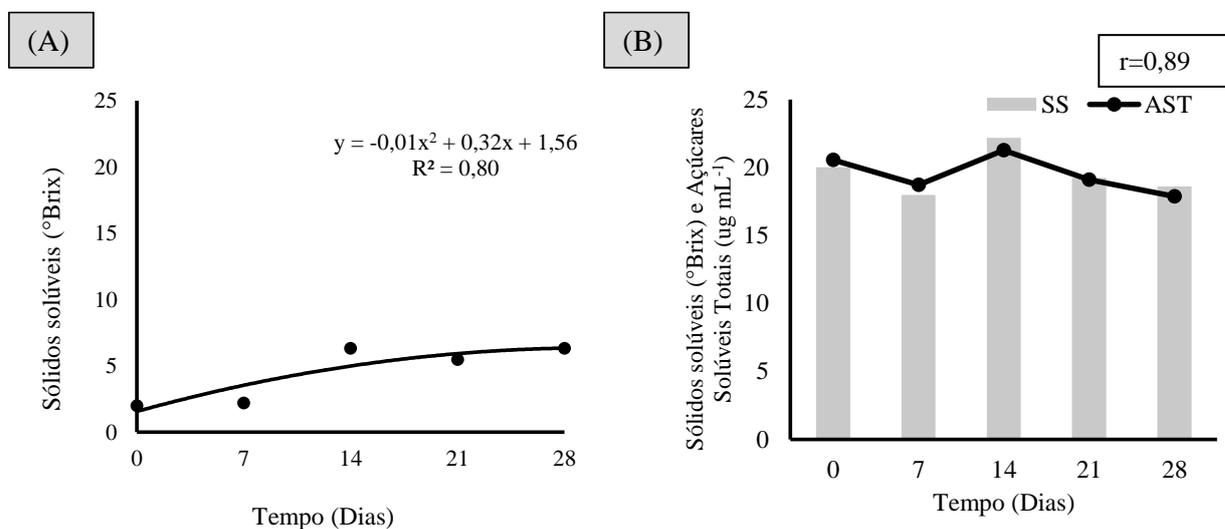


Figura 8. Sólidos solúveis (°Brix) dos frutos de ‘BRS Princesa’ ao saírem da câmara fria (A) e Sólidos solúveis (°Brix) e Açúcares Solúveis Totais ($\mu\text{g mL}^{-1}$) ao atingirem o estágio 6 (B), armazenados por 0, 7, 14, 21 e 28 dias.

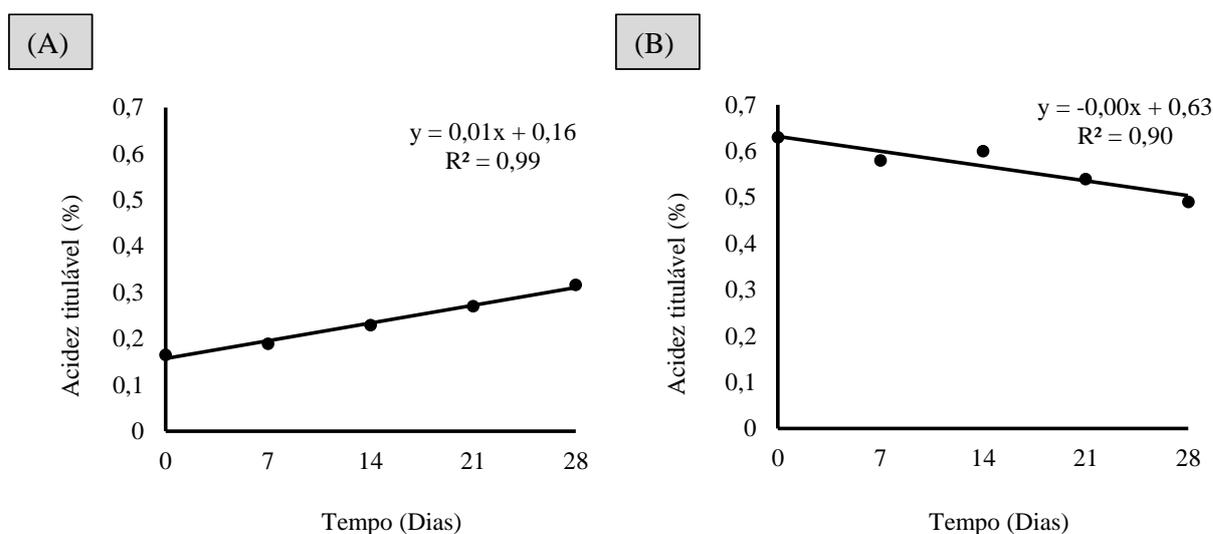


Figura 9. Acidez titulável (% de ácido málico) dos frutos de ‘BRS Princesa’ ao saírem da câmara fria (A) e ao atingirem o estágio 6 (B), armazenados por 0, 7, 14, 21 e 28 dias.

Segundo Chandra *et al.* (2020) à medida que a banana amadurece, a acidez titulável inicialmente aumenta devido à conversão do amido em açúcares solúveis e ácidos orgânicos, conforme observado nos frutos durante o período de armazenamento refrigerado (Figura 9A), os autores afirmam também que posteriormente a acidez diminui à medida que ocorre a degradação dos ácidos orgânicos durante a respiração, pois esses também são substratos respiratórios, como ocorrido no presente estudo após os frutos serem retirados da câmara fria e serem transferidos para a temperatura ambiente (Figura 9B).

A relação SS/AT apresentou diferença significativa tanto nas avaliações logo após a retirada da câmara fria, quanto quando os frutos atingiram o estágio 6 em temperatura simulando comercialização (Figura 10A e 10B). Isto ocorreu devido, principalmente, aos valores de acidez titulável. Nas avaliações logo após a retirada da câmara fria foi observado um ajuste quadrático para a curva de regressão com maior valor observado aos 14 dias (27,7) (Figura 8B). Nas avaliações realizadas após os frutos atingirem o estágio 6 foi observado ajuste quadrático durante o período de armazenamento refrigerado.

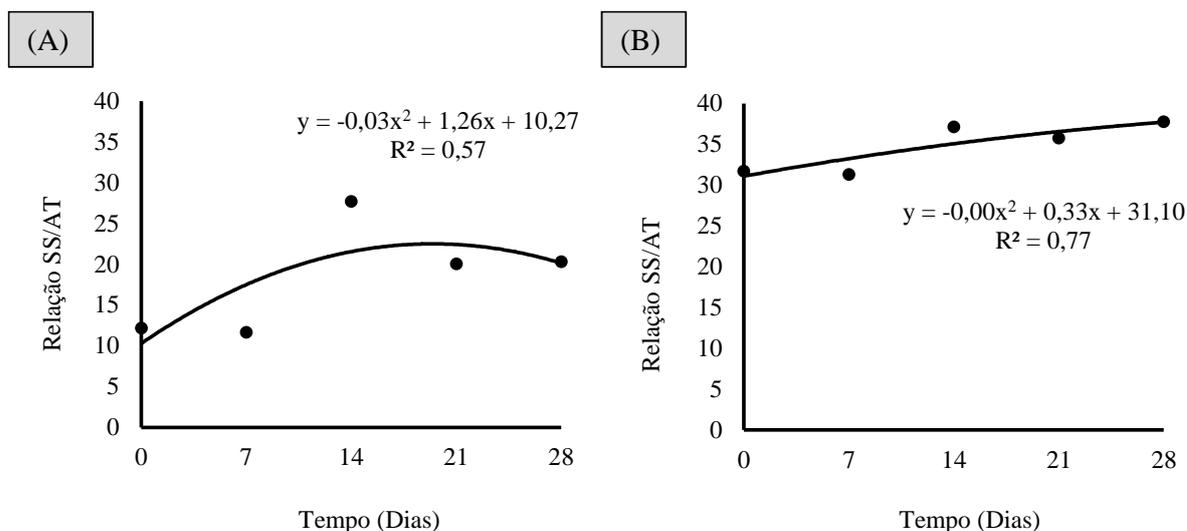


Figura 10. Relação Sólidos solúveis/Acidez titulável dos frutos de ‘BRS Princesa’ ao saírem da câmara fria (A) e ao atingirem o estágio 6 (B), armazenados por 0, 7, 14, 21 e 28 dias.

Embora os frutos armazenados por 21 dias tenham apresentado maior período de conservação e tempo de amadurecimento (Figura 2B) dentro do prazo estimado para comercialização, estes juntamente com os frutos armazenados por 28 dias apresentaram sintomas de injúria por frio de intensidade moderada, o que torna inviável a comercialização dos mesmos, pois a aparência é fator determinante na escolha pelo consumidor. Frutos armazenados por 28 dias também apresentaram podridões pedunculares.

Frutos armazenados por 14 dias a 14°C apresentaram-se mais firmes, ao serem retirados da refrigeração, sendo mais resistentes à danos por amassamento durante a comercialização, bem como mostraram o balanço entre doçura e acidez (relação SS/AT) maiores tanto na retirada da refrigeração, quanto após a transferência para a temperatura ambiente. Além disso apresentaram período para amadurecimento, após a retirada da câmara fria, dentro do prazo estimado para comercialização. Dessa forma, o armazenamento refrigerado por 14 dias seria o mais adequado para as bananas ‘BRS Princesa’ produzidas na região do Baixo Sul da Bahia,

conseguindo atingir mercados mais distantes, permitindo um maior escoamento da produção por parte do produtor.

3.4. Conclusão

A qualidade físico-química das bananas 'BRS Princesa' é afetada pelo armazenamento refrigerado, especialmente imediatamente após a remoção da câmara fria. Manter as bananas sob refrigeração a 14 °C por até 14 dias não causa impactos negativos na qualidade físico-química, tornando-se a opção mais apropriada. Entretanto, se forem armazenadas a essa temperatura por mais de 14 dias, podem apresentar sinais de danos pelo frio. Portanto, é possível conservar os frutos colhidos aos 87 dias após a emissão do cacho a 14 °C por até 14 dias, mantendo sua aparência e qualidade, e aumentando o período de consumo em 8 dias em comparação ao controle.

REFERÊNCIAS:

ARAÚJO, A. K. P. et al. Bioactive compounds and carbohydrates in the 'pacovan' banana subjected to coating with carnaúba wax. **Research, Society and Development**, 9: e87091110391, 2020.

BAPTISTELLA, C. S. L., COELHO, P. J., GHOBRI, C. N. A bananicultura no Estado de São Paulo: 2014 a 2018. **Análise e Indicadores do Agronegócios**, 14: s/p. 2019.

BARBOSA, L. F. S. et al. Qualidade pós-colheita de banana 'Pacovan' sob diferentes condições de armazenamento. **Magistra**, 30: 28–36, 2019.

BATISTA, E. M. et al. Vida útil pós-colheita de bananas 'Prata' armazenadas sob refrigeração. **Society and Development**, 10: e209101520340, 2021.

BRECHT, J. K. et al. **Protecting perishable foods during transport by truck and rail**. 2.ed. University of Florida, 2019. 214p.

CHANDRA, R.D. et al. Evaluating provitamin A carotenoids and polar metabolite compositions during the ripening stages of the Agung Semeru Banana (*Musa paradisiaca* L. AAB). **International Journal of Food Science**, 2020:e8503923, 2020.

CHANG, L. et al. Delaying ripening using 1-MCP reveals chilling injury symptom development at the putative chilling threshold temperature for mature green banana. **Frontiers in Plant Science**. 2022.

COMEXSTAT Base de Dados. Ministério da Economia. **Exportações Gerais**. Brasília: Ministério da Economia. 2022.

FAO. Faostat: production, crops and livestock products, 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 02 jan. 2023.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, 37: 529-535, 2019.

FINGER, Fernando Luiz; VIEIRA, Gerival. Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas. In: RÊGO, Elizanilda Ramalho et al. (org). **Fisiologia e manejo pós-colheita de flores, frutos e hortaliças**. João Pessoa, PB: Editora UFPB, 2023. p. 119-153.

GILL, P. P. S. et al. Physico-chemical changes during progressive ripening of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Dashehari under different temperature regimes. **Journal of Food Science and Technology**, 54: 1964–1970, 2017.

HUANG, H. et al. 1-Methylcyclopropene (1-MCP) slows ripening of kiwifruit and affects energy status, membrane fatty acid contents and cell membrane integrity. **Postharvest Biology and Technology**, 156: e110941, 2019.

IBGE. Sidra: Produção Agrícola Municipal, 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: 19 set. 2023.

KANNAN, G. et al. **Development of fusarium wilt resistant mutants of *Musa* spp. cv. Rasthali (AAB, Silk subgroup) and comparative proteomic analysis along with its wild type**. *Planta*, 255:01-20, 2022.

KIST, B. B. et al. **Anuário brasileiro da fruticultura 2018**. 2018.

LIMA, O. S. et al. Ripening and shelf life of 'BRS Caipira' banana fruit stored under room temperature or refrigeration. **Ciência Rural**, 44: 734–739, 2014.

MOHAPATRA, A. et al. Physicochemical changes during ripening of red banana. **International Journal of Science, Environment and Technology**, 5: 1340–1348, 2016.

MORGADO, C.M.A. et al. Refrigeração e atmosfera modificada na conservação de frutas: uma breve revisão. **Scientific Electronic Archives**, 15: 52-57, 2022.

NERIS, T. S. et al. Avaliação físico-química da casca da banana (*Musa* spp.) in natura e desidratada em diferentes estádios de maturação. **Ciência e Sustentabilidade**, 4: 5-21, 2018.

OLIVEIRA, J. A. A. et al. Cold tolerance of banana fruits of different cultivars. **Revista Caatinga**, 29: 629–641, 2016.

PBMH & PIF – Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura & Produção Integrada de Frutas”. **Normas de Classificação de Banana**. São Paulo, SP: CEAGESP, 2006. (Documentos, 29).

PROMYOU, S.; KETSA, S.; DOORN, W. Hot water treatments delay cold-induced banana peel blackening. **Postharvest Biology and Technology**, 48: 132-138, 2008.

ROCHA, K. R.; URIBE, S. J. Relação amido e açúcares solúveis durante o processo de

maturação da banana 'prata'. **Tecnologia e ciências agropecuárias**, 122: 51-56, 2018.

SANTOS, T. C. et al. Qualidade de bananas colhidas em diferentes estádios de desenvolvimento e submetidas ao armazenamento refrigerado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 48: 90-97, 2018.

SOARES, J.M.S. et al. Genetic improvement for resistance to black sigatoka in bananas: A systematic review. **Frontiers in Plant Science**, 12:e687916, 2021.

SOUZA, D.V. et al. Pós-colheita de bananas 'Prata rio' sob armazenamento refrigerado. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 14: 343-48, 2019.

YEMM, E.W.; WILLIS, A.J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, 57: 508-514, 1954.

YOURYON, P.; SUPAPVANICH, S. Physicochemical quality and antioxidant changes in 'Leb Mue Nang' banana fruit during ripening. **Agriculture and Natural Resources**, 51: 47-52, 2017.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

É recomendado para a região do Baixo Sul da Bahia a colheita da banana 'BRS Princesa' aos 87 dias após a emissão, para maximizar durabilidade e qualidade. A climatização mostrou-se mais eficaz em períodos de exposição de 24 horas ao etileno à concentração de 100 uL L⁻¹ a 18°C. Frutos podem ser armazenados a 14 °C por até 14 dias sem comprometimento da qualidade. Seguindo essas práticas, garante-se a melhor qualidade para comercialização e consumo. Caso o produtor decida conciliar a refrigeração com a climatização, é possível, pois os frutos armazenados a 14 °C por até 14 dias, saíram da câmara fria no estágio 2 de maturação, ainda na fase pré-climatérica, podendo ser climatizado a 18°C por 24 horas com etileno na concentração de 100 uL L⁻¹.

REFERÊNCIAS GERAIS:

ALBUQUERQUE, A.F., In **Anuário Brasileiro da Fruticultura**, 2018.

AMORIM, E.P. et al. Quality improvement of cultivated *Musa*. In: PILLAY, M.; TENKOUANO, A. (Org.). **Banana breeding: progress and challenges**. New York: CRC Press, p. 252-280, 2011.

AQUINO, C.F; SALOMÃO, L.C.C; CECON, P.R; SIQUEIRA, D.L; RIBEIRO, S.M.R. Physical, chemical and morphological characteristics of banana cultivars depending on maturation stages. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.30, n.1, p.87–96, 2017.

AWAD, M.A. et al. Postharvest chito-san, gallic acid and chitosan gallate treatments effects on shelf life quality, antioxidant compounds, free radical scavenging capacity and enzymes activities of 'Sukkari' bananas. **Journal of Food Science and Technology**, v. 54, n. 2, p. 447–457, 2017.

BA, L. J. et al. MaJAZ1 attenuates the MaLBD5-mediated transcriptional activation of jasmonate biosynthesis gene MaAOC2 in regulating cold tolerance of banana fruit. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 64, p. 738– 745, 2016.

BORGES, A. L. et al. **Boas práticas agrícolas de campo no cultivo da bananeira**. Embrapa Mandioca e Fruticultura. 2015.

BORGES, A. L.; CORDEIRO, Z. J. M. **Cultivo de bananeiras tipo maçã - 'BRS Princesa' e 'BRS Tropical'**. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

CASTRICINI, A.; SANTOS, L.O.; DELIZA, R.; COELHO, E.F.; RODRIGUES, M.G.V.; Caracterização pós-colheita e sensorial de genótipos de bananeiras tipo Prata. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.37, n.1, p.27-37, 2015.

CHETRY, S. et al. Exploring the diversity of novel banana hybrids through dendrogram clustering and multivariate matrix. *Ama*, **Agricultural Mechanization in Asia, Africa & Latin America**. v. 54, 13931-13944, 2023.

COMEXSTAT - Base de Dados. Ministério da Economia. **Exportações Gerais**. Brasília: Ministério da Economia. 2022.

CORDENUNSI-LYSENKO B.R. et al. The starch is (not) just another brick in the wall:the primary metabolism of sugars during banana ripening. **Frontiers in Plant Science**. v.10, p. 391, 2019

CRISMAS, S.; PURWANTO, Y.A.; SUTRISNO, S.M. Application of Cold Storage for Raja Sere Banana (*Musa acuminata colla*). **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. v. 147. N. 012015. 2018.

DANTAS, J. L. L.; SILVA, S. de O., SOARES FILHO, W. dos S.; CARVALHO, P.C.L. Filogenia, história, evolução, distribuição geográfica e habitat. In: FERREIRA, C.F (Ed.) **O agronegócio da banana**. 1. ed. Brasília: EMBRAPA, 2016. p. 15-28.

DENHAM, T. P. et al. Origins of agriculture at kuk swamp in the highlands of new Guinea. **Science**, v. 301, p.189–193, 2020.

DURAI, R; SURESH, S. Advances in Biotechnological Approaches of Banana. In: KUMAR, N. et al. (Eds.). **Recent Research Issues in Banana Production and Marketing Aspects**. Scripown Publications, Delhi, India, p. 11-18, 2020.

EDOGBANYA, O. et al. Banana (*Musa sapientum*) peels as a potential ripening agent for its fruits. **Management and Economics Research Journal**. v. 9. p. 1-5. 2023.

FAO - Food and Agriculture Organization for the United Nation. Food outlook - biannual report on global food Market, p. 11–15, 2022.

FAO. Faostat: production, crops and livestock products, 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 02 jan. 2023.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, 37: 529-535, 2019.

FINGER, F. L. et al.; Fisiologia do desenvolvimento de frutos. In: **Fisiologia e manejo pós-colheita de flores, frutos e hortaliças**. João Pessoa: Editora UFPB, 2023. p. 13-37.

GHOSH, A.; GANAPATHI, T. R.; BAPAT, V. A. Molecular Analysis of Fruit Ripening in Banana. In: **Banana: Genomics and Transgenic Approaches for Genetic Improvement**. Singapore: Springer, 2016. p. 93-105.

HAILU, M., WORKNEH, T. S., BELEW, D. Review on postharvest technology of banana fruit. **African Journal of Biotechnology**, v. 12, n. 7, p. 635–647, 2013.

HALDER, S. Biotechnological Approach on Banana Breeding. **Agriculture Letters**. v. 01, p. 73-75, 2020.

HOSSAIN, M. S.; IQBAL, A. Effect of shrimp chitosan coating on postharvest quality of banana (*Musa sapientum* L.) fruits. **International Food Research Journal**, v. 23, p. 277–283, 2016.

HUANG, H. et al. Enhanced chilling tolerance of banana fruit treated with malic acid prior to low-temperature storage. **Postharvest Biology and Technology**, v.111, p. 209 - 213, 2016.

HUANG, H., JIAN, Q., JIANG, Y., DUAN, X., AND QU, H. Enhanced chilling tolerance of banana fruit treated with malic acid prior to low-temperature storage. **Postharv. Biol. Technol.** v. 111, p. 209–213, 2016.

HUANG, H.; WANG, L.; QIU, D.; ZHANG, N.; BI, F. Changes of morphology, chemical compositions, and the biosynthesis regulations of cuticle in response to chilling injury of banana fruit during storage. **Frontiers in Plant Science**. v.12. 2021.

IBGE. Sidra: Produção Agrícola Municipal, 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: 19 set. 2023.

ISRAELI, Y, LAHAV, E. Banana. **Encyclopedia of Applied Plant Sciences**. 2. ed., v. 3, p. 363-381, 2017.

KANCHANA, K., SENERATH, A., THIRUCHCHELVAN, N.; KUMARA, A. Use of maturity traits to identify optimal harvestable maturity of banana *Musa* AABcv. “Embul” in dry zone of Sri Lanka. **Open Agriculture**, v. 6, n. 1, p. 143-151, 2021.

KOBLITZ, M.G.B. **Matérias-primas alimentícias: Composição e Controle de Qualidade**. 1 ed. Guanabara Koogan; 2014.

LICHTEMBERG, L. A. et al. Colheita, manuseio pós-colheita e conservação dos frutos. In: FERREIRA, C.F. et al. (Eds.). **O agronegócio da banana**. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

LIU, J., LI, F., LI, T., YUN, Z., DUAN, X., JIANG, Y. Fibroin treatment inhibits chilling injury of banana fruit via energy regulation. **Sci. Horticult.** v. 248, p. 8–13, 2019.

LOBO, M.G.; ROJAS, F.J.F.; Biology and Postharvest Physiology of Banana, In: Siddiq, M.; Ahmed, J.; Lobo, M.G. **Handbook of Banana Production, Postharvest Science, Processing Technology, and Nutrition**. Ed. John Wiley and Sons Ltda. p.19-44, 2020.

LUO, D-I et al. Involvement of WRKY Transcription Factors in Abscisic-Acid-Induced Cold Tolerance of Banana Fruit. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 65, n. 18, p. 3627–3635, 2017.

MADUWANTHI, S.D.T.; MARAPANA, R.A.U.J.. Comparison of pigments and some physicochemical properties of banana as affected by ethephon and acetylene induced ripening. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 33, p. 101997, 2021.

MORENO, J. L. et al. Physicochemical and physiological changes during the ripening of Banana (*Musaceae*) fruit grown in Colombia. **Int. J. Food Sci. Technol.**, v. 56, p.1171-1183, 2021.

NATH, C. et al. Genetic Diversity and Germplasm Conservation in Banana. In: NATH, C. et al. (Eds.) **Climate Change: Conservation, Biodiversity & Sustainability**. College of Agriculture. Assam, Índia. 2023.

NOBRE, R. C. G. G. et al. Post-harvest quality of bananas Prata-anã and Nanica after application of exogenous ethylene in maturation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 5, p. e-904, 2018.

OLIVEIRA JÚNIOR, L. F. G. de et al. Protocol for harvesting ‘BRS Princess’ banana fruits. **Revista**

PBMH &PIF - Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura &Produção Integrada de Frutas. **Normas de classificação de banana**. São Paulo: CEAGESP, 2006. (Documentos, 29).

PEREIRA, B.J et al. **Climatização de Bananas Prata -Anã e BRS Platina com diferentes concentrações de etileno**. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE PROCESSAMENTO MÍNIMO E PÓS-COLHEITA DE FRUTAS, FLORES E HORTALIÇAS, 2015, Aracajú, SE. Anais... 2015b.

PEREIRA, B.J. et al. **Climatização de bananas BRS Princesa: temperatura e tempo de exposição ao etileno**. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE PROCESSAMENTO MÍNIMO E PÓS-COLHEITA DE FRUTAS, FLORES E HORTALIÇAS, 2015, Aracajú, SE. Anais... 2015c.

PEREIRA, M.C.T; SALOMÃO, L.C.C.; SANTOS, R.C.; SILVA, S.O.; CECON, P.R.; NIETSCH, S. Aplicação em pré-colheita de cloreto de cálcio no controle do despencamento natural dos frutos de bananeira ‘FHIA-18’. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.11, p.1925-1931, 2015a.

PIMENTEL, R. M. de A. et al. Qualidade pós-colheita dos genótipos de banana PA42-44 e Prata-Anã cultivados no norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p.407-413, 2010.

PLOETZ, R. C. Fusarium wilt, pp 207–228. In D. R. Jones (Ed.), **Handbook of diseases of banana, Abacá and Enset**. Boston: CABI Publishing. 616 pp. 2019.

PLOETZ, R. C. Fusarium wilt of banana. **Phytopathology**, v. 105, n. 12, p. 1512–1521, 2015.

PLOETZ, R. Gone Bananas? Current and Future Impact of Fusarium Wilt on Production. In: **Plant Diseases and Food Security in the 21st Century**. p. 21-32. 10.1007/978-3-030-57899-2_2. 2021.

PONGPRASERT N.; SRILAONG, V; SUGAYA, S. An alternative technique using ethylene micro-bubble technology to accelerate the ripening of banana fruit. **Scientia Horticulturae**, 272: 109566, 2020.

QAMAR, S.; SHAIKH, A. Therapeutic potentials and compositional changes of valuable compounds from banana- A review. **Trends Food Science Technology**. v. 79, p. 1-9, 2018.

QUEIROZ, L. Influence of Different ‘Prata-Anã’ Banana Bunch Ages on Post-Harvest Quality. **Journal of Experimental Agriculture International**. p.1-14, 2019.

RAJESWARI, V., et al. Improvement in the shelf life of banana is associated with membrane destabilising enzyme activity. **Plant Physiology. Rep.** v. 28, p.142–151, 2023.

RAMAN, T. et al. Geographical distribution and host range of Fusarium wilt of Banana in India. **Journal of Fungi**, v.8, n. 53, 2020.

RAVIKUMAR, M.; DESAI, C.S.; HR, R.; POOJA, N. Effect of pre-cooling in extending the shelf life of banana cv. Grand naine stored under different storage conditions. **International Journal of Chemical Studies**. v. 6, n. 3, p. 872-878. 2018.

RODRIGUES, M.; SANTOS, C.; CARDOSO, C.; TRISTAO, L.; FREITAS, P. Starch-based biofilm associated with refrigeration in the post-harvest conservation of 'prata' banana. *International Journal for Innovation Education and Research*. v. 8, n. 6, p.167-175, 2020.

SANTOS, T. C. et al. Quality of bananas harvested at different development stages and subjected to cold storage. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 2, p. 90–97, 2018.

SARDOS, J. B. et al. Hybridization, missing wild ancestors and the domestication of cultivated diploid bananas. **Frontiers in Plant Science**. 2022.

SARMENTO, C.A.R. Determinação do ponto de colheita e avaliação da pós-colheita de banana Princesa utilizando biofilme. 2012. **Dissertação** (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2012.

SERPA, M. F. P. et al. Conservação de manga com uso de fécula de mandioca preparada com extrato de cravo e canela. **Revista Ceres**, v. 61, n. 6, p. 975-982, 2014.

SILVA, S. de O. et al. Melhoramento genético da bananeira: estratégias e tecnologias disponíveis. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 919-93, 2013.

SILVA, S.O. et al. Cultivares. In: FERREIRA, C. F.; SILVA, S. de O. e; AMORIM, E. P.; SEREJO, J.A.dos S. (Eds.) **O agronegócio da banana**. Brasília, DF: Embrapa, Capítulo 5, p. 645 – 694, 2016.

SUGIANTI, C. et al. Recent Postharvest Technologies in the Banana Supply Chain, **Reviews in Agricultural Science**, v. 10, p. 123-137, 2022.

THUY, N.M.; LINH, M.N.; MY, L.T.D.; MINH, V.Q.; TAI, N.V. Physico-chemical changes in “Xiem” banana cultivar (cultivated in Vietnam) during ripening and storage at different temperatures. **Food Research**. v. 5, n. 6, p. 229 – 237, 2021.

VIANA, E.S. et al. Banana ‘BRS Princesa’: Características físico-químicas, nutricionais e sensoriais dos frutos. Circular Técnica 134. **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, Cruz das Almas, 2023.

WULANDARI, N. et al. The effect of differences in fruit maturity levels of three Balinese banana cultivars (*Musa* spp.) on the quality of fruit flesh flour produced. **GSC Biological and Pharmaceutical Sciences**, v.23, p.105-113, 2023.

YAP, M.; FERNANDO, W.M.A.D.B.; BRENNAN, C.S.; JAYASENA, V.; COOREY, R. The effects of banana ripeness on quality indices for puree production. v. 80, p. 10-18, 2017.

ZHU, X. et al. Low temperature storage reduces aroma-related volatiles production during shelf-life of banana fruit mainly by regulating key genes involved in volatile biosynthetic pathways. **Postharvest Biology and Technology**, v. 146, p. 68–78, 2018.

ZORE, K.R., DESALE, S.B., PUJARI, C.V. AND PAWAR, P.P. Ripening behaviour of banana with different sources of ethylene. *International Journal of Current Micro-biology and Applied Sciences*, v. 10, p. 215-226, 2021.