



PEDRO HENRIQUE ASSIS SOUSA

**ARMAZENAMENTO DE CAFÉ ROBUSTA AMAZÔNICO:
PROCESSAMENTO, FERMENTAÇÃO E CONDIÇÕES DE
ARMAZENAGEM**

**LAVRAS – MG
2023**

PEDRO HENRIQUE ASSIS SOUSA

**ARMAZENAMENTO DE CAFÉ ROBUSTA AMAZÔNICO: PROCESSAMENTO,
FERMENTAÇÃO E CONDIÇÕES DE ARMAZENAGEM**

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

Pesq. Dra. Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa
Orientadora

**LAVRAS - MG
2023**

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

Sousa, Pedro Henrique Assis.

Armazenamento de café Robusta Amazônico: processamento,
fermentação e condições de armazenagem / Pedro Henrique Assis
Sousa. - 2023.

101 p. : il.

Orientador(a): Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2023.
Bibliografia.

1. Robustas Amazônicos. 2. *Canephora*. 3. Qualidade de
bebida. I. Rosa, Sttela Dellyzete Veiga Franco da. II. Título.

PEDRO HENRIQUE ASSIS SOUSA

**ARMAZENAMENTO DE CAFÉ ROBUSTA AMAZÔNICO: PROCESSAMENTO,
FERMENTAÇÃO E CONDIÇÕES DE ARMAZENAGEM**

**STORAGE OF AMAZON ROBUSTA COFFEE: PROCESSING, FERMENTATION
AND STORAGE CONDITIONS**

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

APROVADA em 29 de setembro de 2023.
Dr. Enrique Anastácio Alves EMBRAPA
Dr. Marcelo Ribeiro Malta EPAMIG
Dr. César Elias Botelho EPAMIG
Dr. Everson Reis Carvalho UFLA

Pesq. Dra. Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa
Orientadora

**LAVRAS - MG
2023**

A Deus, por tudo que representa e por ser o suporte em minha vida.

A meus pais Rogério e Maria, gratidão e amor eternos.

À minha avó Nair, exemplo em minha vida.

Ao homem que sou hoje, e por me dedicar tanto aos meus objetivos.

Dedico

AGRADECIMENTOS

O título de doutor exige de você muita dedicação, empenho, resiliência e sabedoria, do início ao fim. Não é fácil e não deve ser. O que muito vale, é justo que muito custe. Quem nos sustenta diante dos desafios é Deus, então meu agradecimento maior vai para Ele, por ser meu guia e meu alicerce em todos os momentos da minha vida.

Ao meu maior e mais puro amor, meus pais Maria e Rogério, por me apoiarem incondicionalmente nessa etapa tão importante em minha vida. Sem vocês, nada disso seria possível.

À minha amada avó Nair Gaspar de Abreu, “dona Nair”. Você é meu maior exemplo de dedicação e perseverança, muito obrigado pelos ensinamentos e pelo apoio de sempre.

Agradeço às minhas irmãs, Tatiane e Marcelle, que sempre confiaram no meu potencial e sempre me incentivaram, juntos somos mais.

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade e suporte de estudo. Não quero perder a oportunidade de expressar minha gratidão. Passei bons anos da minha vida nessa instituição que me tornou profissional. Na UFLA eu fui estudante, pesquisador, cliente do restaurante universitário, usuário assíduo da biblioteca (manhã, tarde e noite), atleta amador... enfim, a UFLA me proporcionou tudo isso. Serei eternamente grato por tudo, até o fim da minha vida. Obrigado UFLA!

À minha querida orientadora pesquisadora Dra. Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa, pelos ensinamentos, auxílios e conselhos nas nossas diversas reuniões. Sua orientação foi essencial para o sucesso deste trabalho. Além de sua excelência profissional, agradeço pela amizade e pelo companheirismo, você tornou tudo mais leve.

Obrigado a cada membro do grupo de orientados da pesquisadora Sttela, por todos os trabalhos, estudos, auxílio e amizade. Em especial, Ana Luiza e Fernando, pelas constantes ajudas, risadas e por me permitir contribuir com vocês na vida acadêmica.

Aos professores, pesquisadores e funcionários do Setor de Sementes, pelos conhecimentos transmitidos. Sem vocês, nada disso seria possível.

Ao pesquisador Enrique Alves e toda a sua equipe da Embrapa Rondônia, pelo fornecimento e envio dos grãos de café. Em especial, à Poliana e aos demais produtores, pela ajuda e fornecimento dos materiais. Me apaixonei pelo estado de Rondônia e espero voltar um dia, o mais breve possível.

Ao pesquisador Marcelo Malta e a toda a sua equipe da EPAMIG, pelo auxílio incondicional, em parte das análises. O auxílio de vocês foi essencial para o bom desenvolvimento dos trabalhos.

Ao professor Lucas Louzada e a toda a sua equipe do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), por provar os nossos queridos Robustas Amazônicos e nos permitir reafirmar a qualidade destes cafés tão especiais.

À professora Luisa Figueiredo e a toda a equipe do DCA-UFLA, por permitir a realização de algumas análises nas dependências desse departamento. Também foram essenciais.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

A toda a equipe do Programa de Pós-Graduação e do Departamento de Agricultura, pela ajuda, atenção e colaboração.

Aos meus queridos amigos de Lavras, de longa data. Vocês sempre foram presentes.

A todos que diretamente ou indiretamente fizeram parte deste momento.

Muito obrigado!

RESUMO

Os cafés especiais Robusta Amazônicos (*Coffea canephora*) representam uma categoria única no universo do café. Enquanto os cafés arábicas costumam receber a maior parte da atenção no universo dos cafés especiais, a região amazônica tem emergido como um produtor de café robusta que desafia as expectativas convencionais, produzindo cafés que vêm se destacando no cenário internacional. Tendo em vista o destaque desses cafés, este trabalho procurou responder questões relacionadas ao armazenamento deles, bem como os fatores que interferem na sua qualidade. O material genético utilizado foi o clone 010, que vem sendo amplamente utilizado na região amazônica. O material foi colhido no município de Nova Brasilândia d'Oeste-RO, quando os grãos estavam com índice de maturação superior a 90% de frutos maduros, estágio Cereja. Após essa etapa, os frutos foram lavados para retirada de impurezas e frutos 'boia'. Após a lavagem, os frutos maduros e perfeitos foram submetidos ao processamento Natural ou Cereja descascado. Parte do café Natural e parte do Cereja descascado foram submetidas ao processo de fermentação. Após a fermentação, parte foi acondicionada em sacos de juta e parte em embalagens de alta barreira. Após a embalagem, uma parte foi armazenada em ambiente controlado com temperatura amena (média de 10 °C) e outra parte em armazém convencional (média de 25 °C). Os cafés, após separação dos tratamentos, foram armazenados por um ano, sendo amostrados a cada três meses para a realização de análises. Foram realizadas análises sensoriais, condutividade elétrica, lixiviação de potássio, massa específica e coloração dos grãos; além da avaliação de compostos químicos por espectrofotometria de infravermelho. Com este trabalho foi possível perceber que, de forma geral, os processamentos interferem na qualidade de cafés Robusta Amazônicos, que pode ser interpretada por inúmeras variáveis. Sendo assim, torna-se necessário controlar os processos de pós-colheita e armazenamento. A fermentação e o processamento dos grãos podem ocasionar perdas, dependendo das condições de armazenamento, devendo ser realizados de maneira cautelosa. Por fim, os Robustas Amazônicos possuem grande potencial sensorial a ser explorado.

Palavras-chave: *Coffea canephora*. Café Amazônico. Qualidade sensorial.

ABSTRACT

The Amazonian Robusta Special Coffees (*Coffea canephora*) represent a unique category in the coffee universe. While Arabica coffees usually receive the majority of attention in the world of specialty coffees, the Amazon region has emerged as a producer of robusta coffee that defies conventional expectations, producing coffees that have been gaining prominence on the international stage. Given the prominence of these coffees, this study sought to address questions related to their storage, as well as the factors that interfere with their quality. The genetic material used was clone 010, which has been widely used in the Amazon region. The material was harvested in the municipality of Nova Brasilândia d'Oeste-RO, when the beans had a ripening index exceeding 90% of mature fruits, in the Cherry stage. After this stage, the fruits were washed to remove impurities and floating fruits. Following the washing, the ripe and perfect fruits were subjected to either Natural or Pulped Natural processing. Part of the Natural coffee and part of the Pulped Natural coffee underwent the fermentation process. After fermentation, a portion was packaged in jute bags and another portion in high-barrier packaging. After packaging, a portion was stored in a controlled environment with a mild temperature (average of 10°C), and another portion in a conventional warehouse (average of 25°C). The coffees, after the separation of the treatments, were stored for one year, with samples taken every three months for analysis. Sensory analyses, electrical conductivity, potassium leaching, specific mass, and grain coloration were conducted, in addition to the evaluation of chemical compounds by infrared spectrophotometry. This study revealed that, overall, the processing methods influence the quality of Amazonian Robusta coffees, which can be interpreted through numerous variables. Therefore, it is necessary to control post-harvest and storage processes. Fermentation and grain processing can lead to losses, depending on storage conditions, and should be carried out cautiously. In conclusion, Amazonian Robustas have great sensory potential to be explored.

Keywords: *Coffea canephora*. Amazonian Coffees. Sensory quality.

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL	12
1	INTRODUÇÃO	12
	REFERÊNCIAS.....	14
	CAPÍTULO 2 INFLUÊNCIA DO PROCESSAMENTO E FERMENTAÇÃO NA QUALIDADE DO CAFÉ ROBUSTA AMAZÔNICO ARMAZENADO	15
1	INTRODUÇÃO.....	17
2	MATERIAL E MÉTODOS	19
2.1	Caracterização do experimento.....	19
2.1.1	Material genético	19
2.1.2	Colheita, processamento e secagem.....	19
2.1.3	Armazenamento dos cafés.....	20
2.2	Avaliações dos cafés	20
2.2.1	Análise sensorial.....	20
2.2.2	Avaliação da cor.....	21
2.2.3	Condutividade elétrica	22
2.2.4	Massa específica dos grãos	22
2.3	Delineamento experimental e análise estatística	22
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
3.1	Cafés armazenados em sacaria de juta em temperatura ambiente	23
3.2	Cafés armazenados em saco de juta em 10 °C.....	27
3.3	Cafés armazenados em embalagem de alta barreira (AB) em 25 °C	33
3.4	Cafés armazenados em embalagem de alta barreira (AB) em 10 °C	37
3.5	Estudo sobre os descritores encontrados nas bebidas	42
3.5.1	Descritores encontrados no início do armazenamento.....	43
3.5.1	Descritores encontrados no final do armazenamento (doze meses)	44
4	CONCLUSÕES.....	45
	REFERÊNCIAS.....	46
	APÊNDICES	48
	CAPÍTULO 3 IMPACTO DAS CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO NA CONSERVAÇÃO DE CAFÉ ROBUSTA AMAZÔNICO	50
1	INTRODUÇÃO.....	52
2	MATERIAL E MÉTODOS	54

2.1	Caracterização do experimento.....	54
2.1.1	Material genético	54
2.1.2	Colheita, processamento e secagem.....	54
2.1.3	Armazenamento dos cafés.....	55
2.2	Avaliações dos cafés	55
2.2.1	Análise sensorial.....	55
2.2.2	Avaliação da cor.....	56
2.2.3	Condutividade elétrica e lixiviação de potássio.....	57
2.2.4	Massa específica dos grãos	57
2.3	Delineamento experimental e análise estatística	57
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
3.1	Análise sensorial.....	59
3.2	Massa Específica	60
3.3	Condutividade Elétrica	65
3.4	Lixiviação de Potássio.....	68
3.5	Análise de cor	71
4	CONCLUSÕES.....	74
	REFERÊNCIAS.....	75
	APÊNDICES	76
	CAPÍTULO 4 REDUÇÃO DA TEMPERATURA PERMITE ARMAZENAGEM DE CAFÉ ROBUSTA AMAZÔNICO FERMENTADO EM EMBALAGEM POROSA OU HERMÉTICA.....	77
1	INTRODUÇÃO	79
2	MATERIAL E MÉTODOS	81
2.1	Caracterização do experimento.....	81
2.2	Espectrofotometria de infravermelho médio	81
2.3	Análise estatística dos espectros de infravermelho médio	82
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	83
3.1	Resultados das análises de todas as épocas de armazenamento	83
3.2	Resultados das análises do café armazenado por três meses	85
3.3	Resultados das análises do café armazenado por seis meses	89
3.4	Resultados das análises do café armazenado por nove meses	91
3.5	Resultados das análises do café armazenado por doze meses.....	94

4	CONCLUSÕES.....	97
	REFERÊNCIAS.....	98

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO

Historicamente, os cafés especiais têm sido predominantemente associados a variedades de arábica, consideradas de alta qualidade devido ao seu sabor suave e complexo. No entanto, os cafés especiais Robusta Amazônicos desafiam essa norma ao oferecerem uma alternativa distintiva, caracterizada por suas próprias qualidades ecológicas e de sabor (NGUGI; ALUKA, 2019). A região amazônica, que engloba partes do Brasil, Peru, Colômbia e outros países da América do Sul, oferece um *terroir* único e diversificado para o cultivo de café robusta (TEIXEIRA *et al.*, 2020). A combinação de solos férteis, clima equatorial e altitudes variadas resulta em grãos de café com sabores distintos, muitas vezes associados a notas de cacau, nozes e frutas tropicais (MARCOLAN *et al.*, 2015).

Os cafés especiais Robusta Amazônicos têm um potencial único e promissor no mercado global de cafés especiais. A competitividade desses cafés está enraizada na sua singularidade regional, sustentabilidade ambiental e na crescente apreciação por sabores diferenciados, abrindo portas para oportunidades de crescimento e reconhecimento no mercado de cafés especiais (DE SOUZA *et al.*, 2023). A qualidade do café, em linhas gerais, é influenciada por uma série de fatores cruciais que ocorrem desde o momento em que os grãos são colhidos até o momento em que a bebida é preparada e consumida (PEREIRA *et al.*, 2018). O café Natural e o café Cereja descascado oferecem perfis de sabor diferentes, atendendo a uma variedade de preferências dos consumidores. O café Natural tende a ser mais frutado e encorpado, enquanto o café Cereja descascado é apreciado por sua acidez brilhante e complexidade (SILVA *et al.*, 2020). A escolha entre esses métodos de processamento depende do *terroir*, das preferências do produtor e do perfil de sabor desejado para o café final. Ambos têm um lugar importante na diversificada indústria do café e proporcionam experiências sensoriais únicas.

Um dos estágios críticos no processo de produção de café é a fermentação, que afeta significativamente o sabor e o aroma do produto final. O processo de fermentação desempenha um papel vital na produção de cafés especiais, permitindo aos produtores explorar e realçar as nuances de sabor do café (ALVES *et al.*, 2020). A fermentação controlada e cuidadosa é essencial para alcançar resultados consistentes e de alta qualidade, e é uma das etapas-chave que contribuem para a diversidade e a riqueza da indústria de cafés especiais (EVANGELISTA *et al.*, 2014).

Além disso, a embalagem desempenha um papel vital na preservação dessas características, enquanto a processamento, a temperatura e o ambiente de armazenagem também têm um impacto profundo na qualidade e na longevidade dos grãos de café. Tradicionalmente, no Brasil, o café é armazenado em sacos de juta ou *big bags* devido a sua adaptabilidade às demandas do mercado, à facilidade de movimentação dos lotes e ao custo acessível (DE SOUSA; SILVA *et al.*, 2021). No entanto, quando o café é armazenado em instalações sem controle ambiental a qualidade pode deteriorar rapidamente. O armazenamento em temperaturas baixas do ar é eficaz na preservação das características iniciais dos grãos de café, além de reduzir a proliferação de microrganismos prejudiciais à qualidade da bebida (SOUSA, 2020).

Outra estratégia importante para manter a qualidade é o uso de embalagens herméticas que impedem a entrada de oxigênio. Este tipo de embalagem pode reduzir o processo de respiração dos grãos durante o armazenamento, diminuindo o metabolismo e a deterioração dos grãos e sementes (RIBEIRO; BORÉM; GIOMO, 2011). Portanto, as embalagens herméticas são consideradas uma alternativa viável para preservar a qualidade dos grãos de café ao longo do tempo, porém, pesquisas são necessárias para o correto e eficaz uso na cadeia produtiva do café.

Nesse contexto, serão explorados neste trabalho os efeitos da fermentação, da embalagem, do processamento, da temperatura e do ambiente de armazenagem de cafés, avaliando os efeitos e sua importância nas características físicas e na qualidade dos cafés em xícara.

REFERÊNCIAS

- ALVES, E.A. *et al.* Efeito da fermentação sobre qualidade da bebida do Café Robusta (*Coffea canephora*) cultivado na Amazônia Ocidental. **Revista Ifes Ciência**, v. 6, n. 3, p. 159-170, 2020.
- DE SOUSA E SILVA, J. *et al.* Harvesting, Drying and Storage of Coffee. *In: Quality Determinants in Coffee Production*, 2021. p. 1-64.
- DE SOUZA, D.A. *et al.* Sensory quality of coffee beverages from *Coffea arabica* L. cultivars as affected by post-harvest processing. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 6, n. 2, p. 962-968, 2023.
- EVANGELISTA, S.R. *et al.* Improvement of coffee beverage quality by using selected yeasts strains during the fermentation in dry process. **Food Research International**, v. 61, p. 183-195, 2014.
- MARCOLAN, A.L. *et al.* **Café na Amazônia**. Brasília: Embrapa, 2015. 474 p.
- NGUGI, K.; ALUKA, P. Genetic and phenotypic diversity of robusta coffee (*Coffea canephora* L.). *In: Caffeinated and Cocoa Based Beverages*. [S.l.]: Woodhead Publishing, 2019. p. 89-130.
- _____. Genetic and phenotypic diversity of robusta coffee (*Coffea canephora* L.). *In: Caffeinated and Cocoa Based Beverages*. [S.l.]: Woodhead Publishing, 2019. p. 89-130.
- PAZMIÑO-ARTEAGA, J. *et al.* Loss of sensory cup quality: Physiological and chemical changes during green coffee storage. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 77, n. 1, p. 1-11, 2022.
- PEREIRA, L.L. *et al.* Influence of Solar Radiation and Wet Processing on the Final Quality of Arabica Coffee. **Journal of Food Quality**, v. 2018, n. 1, p. 1-9, 2018.
- RIBEIRO, F.C.; BORÉM, F.M.; GIOMO, G.S. Storage of green coffee in hermetic packaging injected with CO₂. **Journal of Stored Products Research**, Elmsford, v. 47, n. 4, p. 341-348, Oct. 2011.
- SILVA, E.C.O. *et al.* Chemical and sensory perception of robusta coffees under wet processing. **Coffee Science**, Lavras, v. 15, p. e151672, 11. 2020.
- SOUSA, P.H.A. **Conservação de cafés especiais em ambiente refrigerado: estudo técnico e econômico**. 2020. 92 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia/Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, 2020.
- TEIXEIRA, A.L. *et al.* Amazonian Robustas-new *Coffea canephora* coffee cultivars for the Western Brazilian Amazon. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 20, 2020.

CAPÍTULO 2 INFLUÊNCIA DO PROCESSAMENTO E FERMENTAÇÃO NA QUALIDADE DO CAFÉ ROBUSTA AMAZÔNICO ARMAZENADO

RESUMO

O objetivo neste trabalho foi avaliar a influência de tipos de processamento e da fermentação sobre a qualidade de cafés Robustas Amazônicos (*Coffea canephora*), armazenados em diferentes embalagens e temperaturas do ar. Os lotes de café, fermentado ou não, foram embalados em sacaria de juta ou em embalagem embalagens de alta barreira (polipropileno com permeabilidade parcial) e armazenados em câmara fria e seca (10 °C) ou em ambiente sem controle de temperatura e umidade relativa (temperatura média de 25 °C), por período de um ano. O experimento foi realizado em esquema fatorial triplo, sendo dois tipos de café em função do processamento (Natural e Cereja descascado), duas condições de fermentação (fermentados ou não) e três tempos de armazenamento (3, 6 e 12 meses), para cada situação de armazenamento (embalagem e temperatura). Após cada período de armazenamento foram realizadas avaliações de análise sensorial, massa específica dos grãos, condutividade elétrica e análise de cor. Também foi realizada uma avaliação dos descritores encontrados na análise sensorial. Os dados numéricos foram submetidos à análise de variância e teste de média, Scott Knott a 5% de probabilidade. Os cafés Robustas Amazônicos apresentam uma complexidade de sabores, podendo apresentar inúmeros descritores na bebida. Períodos mais longos de armazenamento podem comprometer a integridade das membranas em todas as formas de embalagem e temperatura avaliadas, bem como a coloração dos grãos. A fermentação não foi favorável a cafés do tipo Cereja descascado, uma vez que influenciou negativamente nos aspectos físicos e visuais, além de mostrar menor pontuação em xícara. Concluiu-se que, cafés Robusta Amazônicos possuem qualidade sensorial e podem ser armazenados por períodos maiores (acima de 6 meses), contudo, é importante avaliar também, o processamento e a fermentação utilizada.

Palavras-chave: *Coffea canephora*. Fermentação induzida. Sacaria de juta. Embalagem de alta barreira. Café Amazônico.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the influence of processing types and fermentation on the quality of Amazonian Robusta coffees (*Coffea canephora*), stored in different packaging and air temperatures. Coffee lots, whether fermented or not, were packed in jute sacks or high-barrier packaging (polypropylene with partial permeability) and stored in a cold and dry chamber (10 °C) or in an environment without temperature and relative humidity control (average temperature of 25 °C) for one year. The experiment was conducted in a triple factorial scheme, considering two types of coffee based on processing (Natural and Pulped Natural), two fermentation conditions (fermented or not), and three storage times (3, 6, and 12 months) for each storage condition (packaging and temperature). After each storage period, sensory analysis, specific mass of the beans, electrical conductivity, and color analysis were performed. An evaluation of the descriptors found in sensory analysis was also conducted. Numeric data were subjected to analysis of variance and Scott Knott means test at a 5% probability level. Amazonian Robusta coffees exhibit a complexity of flavors, potentially displaying numerous descriptors in the beverage. Longer storage periods may compromise the integrity of the membranes in all evaluated forms of packaging and temperature, as well as the coloration of the beans. Fermentation was not favorable for Pulped Natural coffees, as it negatively influenced physical and visual aspects, in addition to showing lower cup scores. It was concluded that Amazonian Robusta coffees have sensory quality and can be stored for longer periods (above 6 months); however, it is important to also evaluate the processing and fermentation used.

Keywords: *Coffea canephora*. Induced Fermentation. Jute packaging. High Barrier Packaging. Amazonian coffees.

1 INTRODUÇÃO

A produção de café desempenha um papel de destaque tanto no cenário agrícola brasileiro, como no global, representando um papel na indústria, que transcende fronteiras geográficas e culturais. O café, mais do que uma bebida cotidiana; é uma *commodity* que une culturas, promove relações comerciais e desempenha um papel significativo na economia de diversos países, incluindo o Brasil (TEIXEIRA *et al.*, 2020). A produção de café robusta (*Coffea canephora*), uma das variedades mais resistentes e versáteis do mundo do café, desempenha um papel crucial na indústria cafeeira global (NGUGI; ALUKA, 2019). As plantas de café robusta são apreciadas por sua notável resistência a doenças e pragas, tornando-se uma escolha popular em regiões onde as condições climáticas podem ser mais desafiadoras, como a região amazônica (MARCOLAN *et al.*, 2015). Enquanto a atenção muitas vezes se volta para o café arábica de alta qualidade, o robusta também merece uma análise mais aprofundada por suas características únicas e contribuição significativa para o mercado.

Na pós-colheita do café, o processamento tem um impacto profundo nas características físicas, fisiológicas e bioquímicas dos grãos e na qualidade da bebida. Dessas abordagens, o café Natural e o Cereja descascado, destacam-se pela riqueza de possibilidades que a transformação do grão de café pode oferecer (DE SOUZA *et al.*, 2023). Além do processamento, a decisão de submeter os grãos de café ao processo de fermentação ou de não, optar por esta operação também se revela interessante, redefinindo o potencial sensorial dos cafés (ALVES *et al.*, 2020).

Além do processamento, a embalagem também desempenha um papel fundamental na preservação da qualidade e na proteção do café, garantindo que os aromas e sabores preciosos da bebida sejam mantidos até a xícara. Dentre as diversas opções disponíveis, além da embalagem de juta, as embalagens de alta barreira surgem como protagonista na conservação dos grãos de café, trazendo soluções inovadoras para desafios complexos (CORRÊA; LANDGRAF, 2022).

As embalagens herméticas são geralmente fabricadas com polietileno de alta resistência tornando-se uma barreira contra o meio externo. Assim, preservam a segurança e mantêm a qualidade dos grãos armazenados, uma vez que não há intercorrência de umidade, oxigênio e ataque de pragas/patógenos (RIBEIRO; BORÉM; GIOMO, 2011). No armazenamento a longo prazo, pode ser utilizada como um revestimento interno para outros tipos de embalagem, a exemplo da juta.

A embalagem de juta, já tradicional, desfruta de uma longa história como um material confiável para o transporte e armazenamento de produtos agrícolas, incluindo o café. Sua durabilidade e capacidade de permitir a circulação de ar são características que a tornam uma escolha popular, especialmente em regiões onde a cultura do café é uma parte intrínseca da vida cotidiana (SPEROTTO *et al.*, 2015). No entanto, à medida que a indústria cafeeira evolui e desafios como a umidade, a infestação de pragas e a preservação dos aromas se tornam mais prementes, novas soluções tecnológicas se fazem necessárias. É aí que entra as embalagens de alta barreira, uma abordagem inovadora que visa proporcionar um ambiente hermético aos grãos de café, protegendo-os contra os elementos indesejados e mantendo a qualidade e frescor por mais tempo (RIBEIRO; BORÉM; GIOMO, 2011).

Temperaturas de armazenamento trazem diferentes respostas à qualidade e longevidade dos grãos de café. Embora o mais comum seja o armazenamento em temperatura ambiente, o controle de temperatura promove maior controle de pragas/doenças, além de proporcionar menor deterioração dos grãos (LOPES; NETO, 2020; SOUZA, 2020). Cafés armazenados em temperaturas controladas podem ainda mostrar características fisiológicas, físicas e sensoriais parecidas com as encontradas no início do armazenamento (PAZMIÑO-ARTEAGA *et al.*, 2022). A partir desta premissa, produtores podem utilizar de cafés armazenados para ofertar produtos de qualidade em períodos de entressafra, garantindo maior retorno financeiro (SOUSA, 2020).

Neste cenário, o objetivo neste trabalho foi avaliar a influência de tipos de processamento e da fermentação, na qualidade de cafés Robustas Amazônicos (*Coffea canephora*), armazenados em diferentes embalagens e temperaturas do ar.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização do experimento

2.1.1 Material genético

O material genético utilizado no experimento foi o café Robusta Amazônico Clone 010 (*C. canephora*), selecionado na propriedade da família do senhor Laerte Braun, nas proximidades da rodovia estadual RO-010, no município de Nova Brasilândia d'Oeste, RO, sendo esse, o local de origem. Desde 2014, o material genético vem sendo amplamente utilizado na região devido ao seu desempenho produtivo nas lavouras comerciais. O Clone 010 se destaca por ser uma planta com características de porte alto, ciclo de maturação intermediária/tardia e frutos de tamanho médio, apresenta maturação uniforme, fácil desprendimento dos frutos e flexibilidade das hastes, facilitando a colheita. Pode apresentar boas notas sensoriais, o que promove sua ampla utilização nos concursos de qualidade realizados dentro e fora do estado de Rondônia (ESPÍNDULA *et al.*, 2022). A colheita foi realizada na propriedade da produtora Poliana Perrut de Lima, no município de Novo Horizonte d'Oeste, RO, Km 1,5, Linha 152.

2.1.2 Colheita, processamento e secagem

A colheita dos frutos foi realizada de forma manual e seletiva, quando as plantas estavam com índice de maturação superior a 90% de frutos maduros, estágio Cereja. Após essa etapa, os frutos foram lavados para retirada de impurezas e frutos 'boia', aqueles secos, mal granados, defeituosos ou brocados.

Após a lavagem, os frutos maduros e perfeitos foram submetidos ao processamento Natural (frutos íntegros) ou Cereja descascado (retirada da casca e preservação da mucilagem). Parte do café Natural e café Cereja descascado foi submetida ao processo de fermentação, e a outra parte não foi submetida à fermentação.

Para o processo de fermentação, os cafés Natural e Cereja descascados foram colocados em caixas d'águas, adicionando-se água limpa até formar uma lâmina de aproximadamente 2 cm sobre os frutos e grãos. Foi, então, adicionado um inoculante com leveduras, utilizando a *Saccharomyces cerevisiae* (LALCAFÉ) como cultura iniciadora. As caixas d'águas foram mantidas abertas, em locais cobertos, sem controle de temperatura. Sendo assim, trata-se de

uma fermentação anaeróbica autoinduzida, simulando o processo que ocorre em escala comercial.

O processo de fermentação durou 72 horas e, após esse período, os cafés foram submetidos à secagem Natural, em secadores do tipo ‘cama africana’, correspondentes a terreiros suspensos com parte inferior com telado do tipo ‘sombrite’ com coberturas de lona plástica. O processo de secagem foi finalizado quando os grãos atingiram teores de água de 10 a 12%. Em seguida, os cafés foram embalados e armazenados em diferentes condições.

2.1.3 Armazenamento dos cafés

Após secagem, os cafés foram transportados para a cidade de Lavras (MG), Brasil, sendo a pesquisa realizada no Laboratório Central de Análise de Sementes, da Universidade Federal de Lavras (LAS-UFLA), e no Laboratório de Pós-Colheita, da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG).

Os cafés ROBUSTA Amazônicos beneficiados, do tipo Natural e Cereja descascados, fermentados ou não fermentados, foram armazenados em duas condições, em armazém convencional e em ambiente refrigerado, em embalagens de alta barreira e sacos de juta. Parte dos cafés foi armazenada no armazém da Unidade de Beneficiamento e armazenamento de Sementes (LAS-UFLA), em temperatura e umidade ambiente, sem controle. Outra parte dos cafés foi armazenada em câmara fria, em temperatura média de 10 °C e umidade relativa de 45%.

Os cafés foram armazenados por período de um ano, de 25 de novembro de 2020 até 25 de novembro de 2021. No início do armazenamento, e aos 3, 6, 9 e 12 meses, foram retiradas amostras para avaliação da qualidade, por meio das seguintes análises e testes descritos.

2.2 Avaliações dos cafés

2.2.1 Análise sensorial

A análise sensorial dos cafés foi realizada por uma banca de 06 (seis) degustadores, de acordo com o Protocolo de Degustação dos Robustas Finos (PDRF). O uso de 06 provadores em análises sensoriais foi proposto inicialmente por Pereira *et al.* (2019), tendo como objetivo a redução do processo de subjetividade da análise.

Os provadores utilizaram a roda de sabores proposta pela *Specialty Coffee Association of Americas* (SCAA, 2015) e cada descritor foi relacionado a uma pontuação específica. Para melhor descrição, os dados foram submetidos a ilustração gráfica. A roda de sabores da SCAA foi desenvolvida para cafés especiais, organizando os descritores sensoriais mais utilizados pelos provadores Q-Graders, (SCAA, 2015).

As análises foram realizadas no Laboratório de Análise e Pesquisa em Café (LAPC), do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Campus Venda Nova dos Imigrantes, no município de Venda Nova dos Imigrantes, ES.

As amostras foram preparadas respeitando-se a metodologia da *Uganda Coffee Development Authority* (UCDA). As torras foram conduzidas utilizando o torrador Probatino da marca Probat, com acompanhamento do conjunto de discos Agtron-SCAA, e o ponto de torra das amostras situaram-se entre as cores determinadas pelos discos #65 e #55, para cafés especiais (UCDA, 2010).

As torras foram executadas com 24 horas de antecedência da prova e a moagem respeitou o tempo de 8 horas de descanso após a torra. Todas as amostras foram torradas entre 9 a 10 minutos e, após a torra e o resfriamento, as amostras permaneceram lacradas, conforme a metodologia de análise sensorial estabelecida.

As amostras de cafés foram moídas com moedor elétrico Bunn G3, com granulometria média/grossa. Cada amostra de café foi degustada com 5 xícaras, sendo adotada a concentração ótima (8,25 gramas de café moído em 150 ml de água), em conformidade com o ponto médio do gráfico de equilíbrio ótimo para obtenção do Golden Cup (UCDA, 2010). O ponto de infusão de água foi considerado após a água atingir 92-95 °C. Os provadores iniciaram as avaliações quando a temperatura das xícaras atingiu 55 °C, respeitando o tempo de 4 minutos para a degustação após a infusão.

2.2.2 Avaliação da cor

A cor dos grãos crus dos cafés foi determinada no colorímetro Minolta® modelo CR 300, por leitura direta das coordenadas L, a, b, conforme descrito por Nobre (2005). As amostras foram colocadas em placas de petri e, para cada repetição, foram realizadas três leituras, nos quatro pontos cardeais, e uma no ponto central da placa, gerando índices de luminosidade média das cinco amostras.

2.2.3 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica dos grãos foi determinada adaptando-se a metodologia proposta por Krzyzanowsky *et al.* (1991). Foram utilizados 50 grãos de cada parcela, os quais foram pesados com precisão de 0,001g e imersos em 75 ml de água destilada no interior de copos plásticos de 180 mL de capacidade. Os recipientes permaneceram em estufa regulada em 25 °C, por cinco horas, procedendo-se à leitura da condutividade elétrica da solução de embebição, em aparelho Digimed CD-20. Com os dados obtidos, foi calculada a condutividade elétrica, expressando-se o resultado em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de grãos. Foram realizadas análises do teor de água dos grãos e os dados foram transformados para a base seca.

2.2.4 Massa específica dos grãos

A massa específica dos grãos, definida como a razão entre a massa e o volume aplicado, foi determinada de acordo com proposto por Pabis *et al.* (1998). Amostras de grãos de café de volume conhecido foram pesadas em balança analítica e os resultados foram expressos em $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Como cafés são comercializados em sacas, em sua grande parte, essa propriedade física permite mensurar a quantidade de grãos necessários para encher uma saca de 60 kg.

2.3 Delineamento experimental e análise estatística

Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 2 x 3, sendo analisados dois tipos de processamento (Natural e CD), a fermentação (com e sem fermentação) e três tempos de armazenamento, com três repetições. A análise de variância dos dados foi realizada separadamente, para os cafés armazenados em sacaria de juta ou de alta barreira, e em temperatura controlada de 10 °C ou sem controle de temperatura (média de 25 °C). Os dados foram submetidos à análise de variância e à comparação de médias pelo teste de Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade, com auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes do início do armazenamento e após o processamento, fermentação e preparo, os cafés Robusta Amazônicos obtiveram os resultados das avaliações apresentados na Tabela 1. Nas análises de variância dos dados das avaliações dos cafés Robusta Amazônicos, neste estudo, verificou-se efeitos significativos de interações triplas e duplas entre os fatores, assim como isoladamente, conforme resumo da ANOVA (APÊNDICES A e B). A influência entre o tipo de café, a fermentação e a época de armazenamento só ocorreram de forma significativa no parâmetro massa específica, quando as amostras foram armazenadas em sacos de juta ou em embalagens de alta barreira, em temperatura ambiente (TABELA 1).

Tabela 1 - Resultados da avaliação sensorial, condutividade elétrica e de cor *L*, dos cafés Robusta Amazônicos, antes do início do armazenamento.

Natural Fermentado			Natural Não Fermentado		
CE ($\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$)	Sensorial (Pontos)	Cor <i>L</i>	CE ($\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$)	Sensorial (Pontos)	Cor <i>L</i>
73,29	79,58	43,73	80,86	81,00	44,35
CD Fermentado			CD Não Fermentado		
CE ($\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$)	Sensorial (Pontos)	Cor <i>L</i>	CE ($\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$)	Sensorial (Pontos)	Cor <i>L</i>
96,88	77,00	44,92	84,27	80,29	44,11

Fonte: Do autor (2023).

3.1 Cafés armazenados em sacaria de juta em temperatura ambiente

A época de armazenamento influenciou a pontuação sensorial dos cafés Robustas Amazônicos quando armazenados em sacos de jutas mantidos em temperatura ambiente (TABELA 2). O armazenamento foi desfavorável, resultando em redução da qualidade de bebida nos seis primeiros meses de armazenamento. O saco de juta, de modo geral, permite maior troca gasosa e de umidade com o meio externo (DE SOUSA E SILVA *et al.*, 2021). Além disso, o condicionamento em temperatura ambiente catalisa reações de oxidação, o que diminui a qualidade sensorial.

Tabela 2 - Resultados da análise sensorial dos cafés Robusta Amazônicos armazenados em sacos de juta, em 25°C, por períodos de 3, 6 e 12 meses.

Época (meses)	Pontuação Final
3	79,47 a
6	77,69 b
12	77,13 b

Médias seguidas de mesma letra minúscula, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

O armazenamento em sacos de juta mantidos em temperatura ambiente também influenciou os aspectos sensoriais das bebidas quando relacionadas ao tipo e processamento fermentativo dos cafés Robusta Amazônicos (TABELA 3). Para cafés fermentados, o processamento Natural mostrou maior pontuação sensorial, enquanto não houve diferença entre o processamento secagem para cafés não fermentados. Também não houve diferença na pontuação quando analisados os cafés naturais quanto a presença de fermentação. No processamento CD a fermentação teve uma influência negativa na qualidade do café. Em relação aos cafés naturais não se verificou efeito significativo da fermentação. Sendo assim, a fermentação teve um efeito prejudicial na qualidade do café CD e não teve efeito na qualidade do café Natural. No entanto, todas as pontuações obtidas, independentemente do processamento utilizado, enquadraram os cafés na categoria comerciais finos (ICO, 2010).

Tabela 3 - Resultados da análise sensorial dos cafés Robusta Amazônicos, processamento tipo Natural e Cereja descascado, submetidos ou não à fermentação.

	Pontuação Final	
	CD	Natural
Fermentado	75,44 bB	78,93 aA
Não fermentado	78,84 aA	79,17 aA

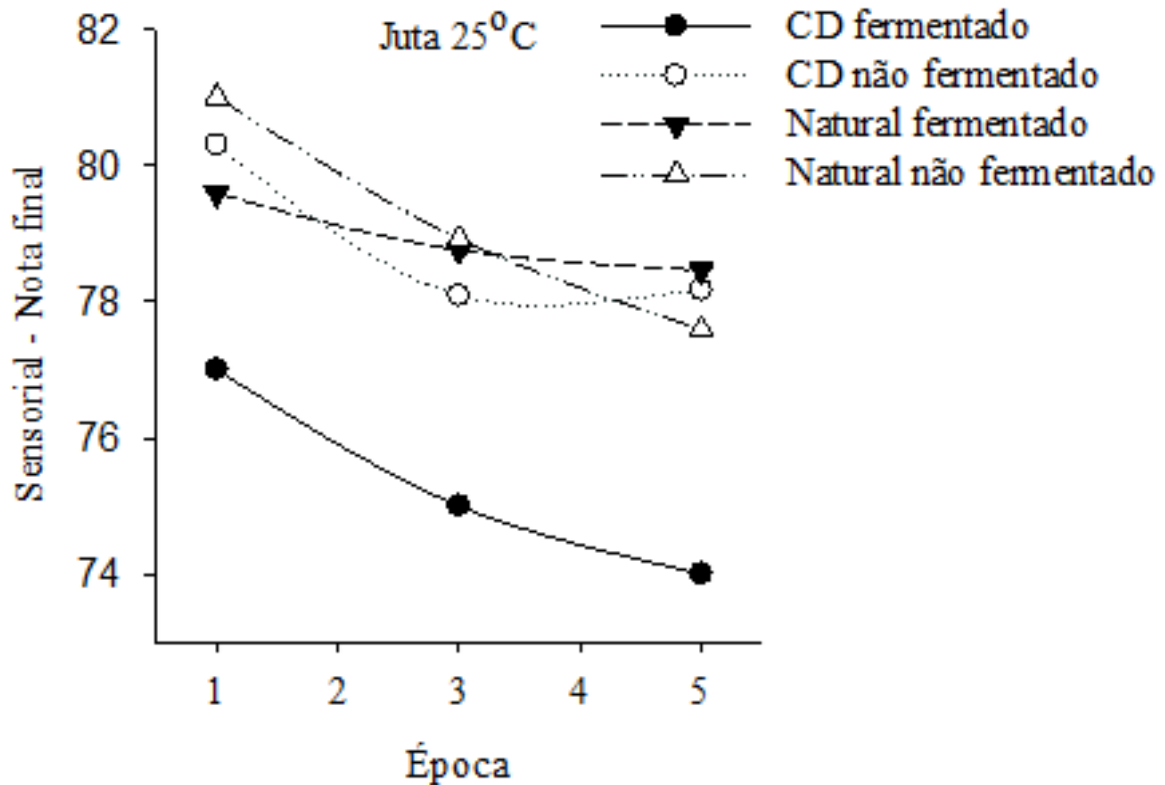
Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Quando armazenados em sacos de juta e em temperatura ambiente, os cafés Robustas Amazônicos não são favorecidos sensorialmente se forem Cereja descascado, principalmente se passarem por processo de fermentação (FIGURA 1). Embora tenha iniciado a avaliação com maior *score*, o café Natural não fermentado mostrou queda de pontuação mais intensa no

decorrer do tempo que a observada para o café Natural fermentado. A qualidade sensorial está atrelada principalmente a compostos voláteis, que são sensíveis ao meio, podendo sofrer interferência de umidade, pH, luminosidade e temperatura, fatores que são prejudicados em armazenamentos a longo prazo (SOUZA *et al.*, 2010).

Figura 1 - Pontuação Final na análise sensorial dos cafés Robusta Amazônicos, do tipo Natural e Cereja descascado, fermentados ou não, armazenados em sacaria de juta, em 25 °C, aos 0 meses (época 1), 3 meses (época 2), 6 meses (época 3) e 12 meses (época 5).



Fonte: Do autor (2023).

A massa específica de cafés Robusta Amazônicos mostrou ser influenciada pela época, fermentação e processamento utilizados (TABELA 4). Para cafés CD fermentados, a armazenagem prolongada diminuiu a massa específica, provavelmente pelo ressecamento dos grãos. Esta influência do tempo de armazenagem na massa específica também ocorreu em café Natural fermentado. Na ausência de fermentação, o tempo de armazenagem também influenciou a massa específica de cafés CD, mas mostrou menor valor para cafés Natural não fermentado aos 12 meses. Nobre (2005) notou que o ensacamento em juta em temperatura ambiente proporcionou maior acidez e perda de sólidos solúveis no decorrer do tempo de armazenagem, diminuindo também a massa específica dos grãos de café CD.

Tabela 4 - Resultados da massa específica (Kg/m^3) dos cafés Robusta Amazônicos, do tipo Natural e Cereja descascado, fermentados ou não, armazenados por períodos de 3, 6 e 12 meses, em sacaria de juta, em 25°C .

	Fermentados			Não Fermentados		
	3 meses	6 meses	12 meses	3 meses	6 meses	12 meses
CD	650,95 aA	596,7 bA	580,51 bB	657,33 aA	613,74 bB	610,31 bA
Natural	660,74 aA	606,85 bA	607,18 bA	662,15 aA	635,27 bA	590,97 cB

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

De acordo com os resultados observados na análise de CE, não houve efeito negativo na integridade das membranas celulares no armazenamento dos cafés em sacos de juta ao longo do tempo (TABELA 5). A condutividade elétrica no início do armazenamento foi de $94,53 \text{ uS.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ e após doze meses foi de $84,89 \text{ uS.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$. Embora não exista valores adequados de CE como indicador de qualidade, Costa e Carvalho (2006) observaram que o teste de condutividade elétrica foi eficaz na avaliação de grãos e sementes de café e que valores compreendidos entre $73,53$ e $120,5 \text{ uS.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ sugeriam maior integridade das membranas.

Tabela 5 - Resultados de condutividade elétrica ($\text{uS.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$) de grãos de cafés Robusta Amazônicos armazenados por períodos de 3, 6 e 12 meses em sacaria de juta, em 25°C .

Tempos de armazenamento	Condutividade elétrica
3 meses	94,53 b
6 meses	95,96 b
12 meses	84,89 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

A condutividade elétrica dos grãos de café robusta também mostrou ser influenciada pelos processamentos (TABELA 6). Para cafés fermentados, a secagem via CD mostrou maior exsudação liberada e, conseqüentemente, maior condutividade elétrica ($105,34 \text{ uS.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$) e menor estabilidade das membranas do que os grãos de secagem Natural ($89,04 \text{ uS.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$). Esses resultados corroboram a análise sensorial, uma vez que a fermentação afetou negativamente a qualidade do café CD armazenado.

Tabela 6 - Resultados de condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}\cdot\text{g}^{-1}$) de grãos de cafés Robusta Amazônicos, do tipo Natural e Cereja descascado, fermentados ou não, armazenados em sacaria de juta, em 25 °C.

	CD	Natural
Fermentado	105,34 bB	89,04 aB
Não fermentado	84,71 aA	88,01 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

A coloração dos grãos de café é influenciada pelo tempo de armazenamento em sacos de juta à temperatura ambiente (TABELA 7). No período inicial de armazenagem, os índices de luminosidade foram menores (coordenada *L*), indicando que o armazenamento desta forma pode ter causado maior branqueamento dos grãos, o que não é favorável para os aspectos sensoriais do café (CORADI; BORÉM; OLIVEIRA, 2008). Os resultados observados para a cor corroboram com o observado na análise sensorial, sendo observadas melhores características de cor no início do período de armazenamento, assim como observado na análise sensorial.

Tabela 7 - Resultados da avaliação de cor, de grãos de café Robusta Amazônicos, do tipo Natural e Cereja descascado, armazenados em sacaria de juta, em 25°C, por 3, 6 e 12 meses.

Tempos de armazenamento	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
3 meses	44,28 a	5,60 a	16,18 a
6 meses	46,02 b	6,12 b	17,53 b
12 meses	46,96 b	6,61 b	17,16 b

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

3.2 Cafés armazenados em saco de juta em 10 °C

A qualidade do café Robusta Amazônico, acondicionados em sacos de juta e ambiente controlado, fermentados ou não, foram influenciados pelo tempo de armazenamento (TABELA 8). Em cafés fermentados e não fermentados, independentemente do processamento utilizado, o armazenamento a longo prazo proporcionou menor pontuação sensorial. Observou-se que os valores das pontuações dos cafés embalados em juta foram semelhantes aos obtidos em

armazenamento a 25° C. No entanto, não houve influência da fermentação quando avaliados cada período de armazenamento isoladamente, exceto aos três meses.

Tabela 8 - Resultados da análise sensorial dos cafés Robusta Amazônicos fermentados ou não fermentados e armazenados no período de 3, 6 e 12 meses, em sacaria de juta, em 10 °C.

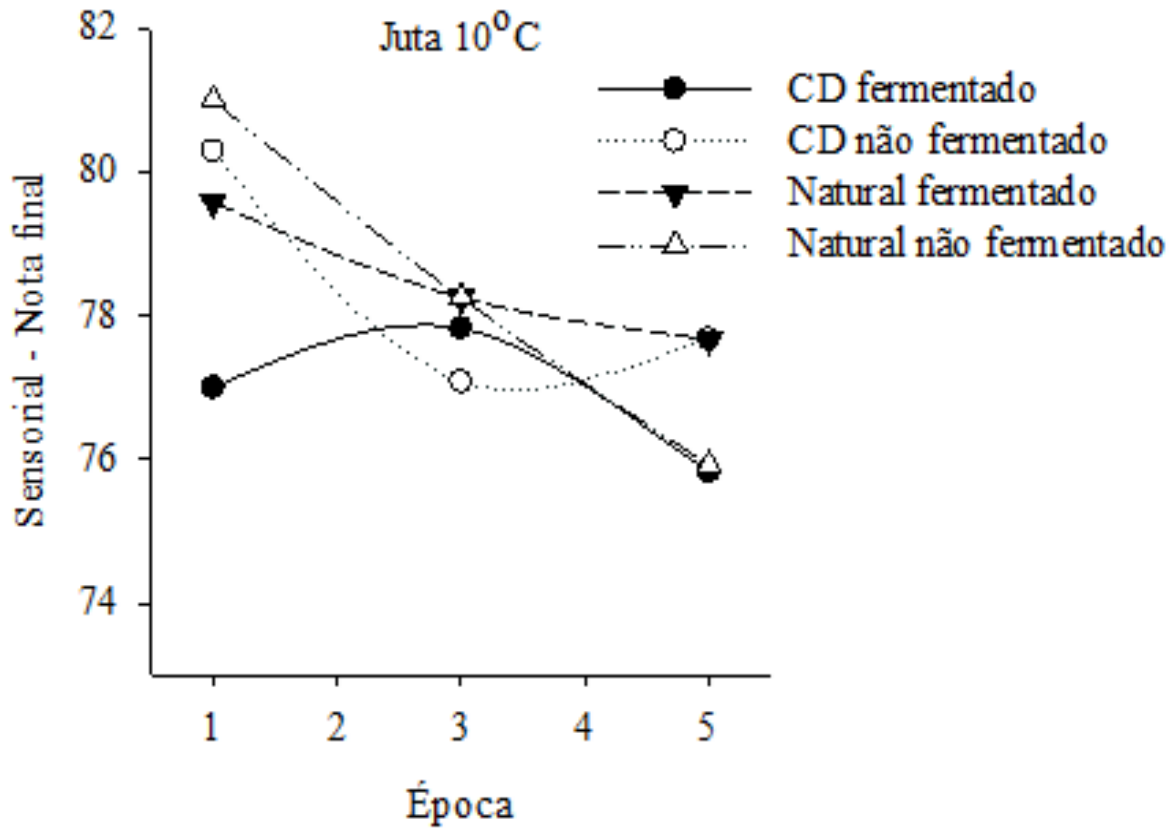
	Tempo de armazenamento		
	3 meses	6 meses	12 meses
Fermentado	78,29 aB	78,04 aA	76,75 bA
Não fermentado	80,64 aA	77,67 bA	76,79 bA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Embora as pontuações observadas estejam compreendidas entre 70 e 80 pontos, configurando em cafés comerciais finos (ICO, 2010), o armazenamento em saco de juta, mesmo em ambiente controlado, mostrou não ser favorável aos grãos de café CD fermentados (FIGURA 2). Houve queda da pontuação para todos os processamentos avaliados ao longo do tempo, o que é esperado, uma vez que os processos de secagem, de fermentação, de embalagem e armazenagem, influenciam teor de água, ácidos graxos, índice proteico, teor de açúcares e composição bioativa dos grãos (AHMED *et al.*, 2021).

Figura 2 - Pontuação final na análise sensorial dos cafés Robusta Amazônicos, do tipo Natural e Cereja descascado, fermentados ou não, armazenados em sacaria de juta, em 10 °C, aos 0 meses (época 1), 3 meses (época 2), 6 meses (época 3) e 12 meses (época 5).



Fonte: Do autor (2023).

Grãos de café Robusta Amazônico CD fermentados apresentaram menor massa específica em relação ao CD não fermentado e ao Natural, independentemente de fermentação (TABELA 9). Grãos deteriorados ou que sofreram algum tipo de dano durante beneficiamento ou o armazenamento, a exemplo da retirada do pericarpo, podem representar menores massas em um determinado volume (BARBOSA *et al.*, 2012), como ocorreu neste trabalho. Fagan *et al.* (2011) observaram que a massa específica pode ser um fator de referência da qualidade de bebidas quando avaliados os grãos frescos e após processamento, em decorrência do teor de fotoassimilados.

Tabela 9 - Resultados da massa específica (Kg/m³) dos grãos de café do tipo Natural e Cereja descascado, fermentados ou não, armazenados em sacaria de juta, em 10 °C.

	CD	Natural
Fermentado	629,264 bB	649,80 aA
Não fermentado	647,18 aA	651,678 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Ao observar o tipo de café em relação a época de armazenamento, para cafés Robusta Amazônicos tipo Natural, houve redução da massa específica, após seis meses de armazenamento (TABELA 10). Para cafés Robusta Amazônicos tipo CD, houve diminuição da massa específica, após dozes meses de armazenamento, em sacos de juta (10 °C). Maior peso dos grãos, em um determinado volume, é uma característica desejável para os grãos de café, uma vez que representam grãos íntegros e bem granados (BARBOSA *et al.*, 2012).

Tabela 10 - Resultado da massa específica (Kg/m³) de grãos de café Robusta Amazônicos, do tipo Natural e Cereja descascado e armazenados em sacaria de juta, em 10 °C, por períodos de 3, 6 e 12 meses.

	3 meses	6 meses	12 meses
Natural	661,447 aA	647,564 bA	643,211 bA
CD	654,142 aA	643,640 aA	616,883 bB

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

O método de processamento realizado em cafés Robusta Amazônicos armazenados em sacos de juta a 10 °C influenciaram a condutividade elétrica dos grãos (TABELAS 11). Cafés tipo Cereja descascado fermentados mostraram maior média neste parâmetro, tanto em relação ao tipo de café, como em relação ao processo de fermentação. Sabe-se que a retirada da casca no processamento CD garante café com menor índice de acidez e sabor mais adocicado e que a fermentação pode elevar o potencial sensorial da bebida (TEIXEIRA *et al.*, 2020). No entanto, foi observado que ao armazenar em sacos de juta, mesmo em temperatura controlada, esses processos levaram também à maior degradação de membranas dos grãos, interferindo diretamente na qualidade da bebida, como observado nas pontuações sensoriais dos cafés neste trabalho.

Tabela 11 - Resultados de condutividade elétrica ($\text{uS.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$) de grãos de cafés Robusta Amazônicos, do tipo Natural e Cereja descascado, fermentados ou não fermentados e armazenados em sacaria de juta, em $10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

	CD	Natural
Fermentado	113,01 bB	87,15 aA
Não fermentado	88,54 aA	88,53 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Quando se observa o armazenamento por 3, 6 e 12 meses em sacos de juta a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, houve influência do método de preparado do café na condutividade elétrica (TABELA 12). Cafés CD mostraram maior condutividade elétrica aos três ($102,01\text{ uS.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$) e doze ($109,80\text{ uS.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$) meses, em comparativo aos cafés tipo Natural no mesmo período ($87,04$ e $84,85\text{ uS.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$, respectivamente). Além disso, as amostras do início e final do armazenamento (3 e 12 meses) mostraram maior condutividade elétrica em cafés CD do que aos 6 meses. Corroborando com os resultados observados neste trabalho, Rigueira *et al.* (2009) também observaram que cafés CDs apresentam maiores valores de condutividade elétrica durante o armazenamento. Ainda segundo esses mesmos autores, esse comportamento ocorre em função da maior intensidade de degradação de membranas celulares neste tipo de processamento. Para cafés do tipo Natural não houve influência da época de armazenamento quando embalados em sacos de juta a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tabela 12 - Resultados de condutividade elétrica ($\text{uS.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$) de grãos de grãos de cafés Robusta Amazônicos, do tipo Natural e Cereja descascado, armazenados por períodos de 3, 6 e 12 meses em sacaria de juta, em $10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

	3 meses	6 meses	12 meses
Natural	87,04 aA	91,65 aA	84,85 aA
CD	102,01 bB	90,50 aA	109,80 bB

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

O mesmo comportamento observado para a condutividade elétrica foi observado em relação a luminosidade dos grãos de café submetidos ao processamento CD (TABELAS 13, 14, 15 e 16). Cafés Cereja descascados mostraram maior luminosidade em relação aos cafés tipo Natural (TABELA 13) e os cafés armazenados por doze meses mostraram maior média neste parâmetro comparado às amostras avaliadas aos 6 e 3 meses (TABELA 14). Tais resultados

sugerem maior branqueamento dos grãos nestas condições, o que não é favorável, uma vez que a cor é um atributo sensorial importante em cafés. Em armazenamento de cafés Cereja descascado, é relatado maior índice de luminosidade à medida que se aumentava o tempo de armazenamento, sendo este índice menor em condições de luminosidade e temperatura controlada (RIGUEIRA *et al.*, 2009).

Tabela 13 - Resultados da análise de cor, índice de luminosidade (L), de grãos de cafés Robusta Amazônicos, do tipo Natural e Cereja descascado, armazenados em sacos de juta, e 10 °C.

	L
CD	45,43 B
Natural	44,58 A

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.
Fonte: Do autor (2023).

Tabela 14 - Resultados da análise de cor, índice de luminosidade (L), de grãos de cafés Robusta Amazônicos, armazenados em sacarias de juta em 10°C por períodos de 3, 6 e 12 meses.

Tempos de Armazenamento	L
3 meses	44,28 A
6 meses	45,07 A
12meses	45,67 B

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.
Fonte: Do autor (2023).

Na relação de saturação da cor no sistema CIE- Lab, a coordenada a corresponde ao eixo de percepção das cores vermelho/verde, sendo números menores correspondente à maior intensidade da cor verde (WALDEMARIN *et al.*, 2013). Quando armazenados em saco de juta (10 °C), os cafés Robusta Amazônicos CD fermentados apresentaram menor média na coordenada a , mostrando maior prevalência da cor verde nestes grãos (TABELA 15). Para cafés do tipo Natural, a fermentação proporcionou maior média, sugerindo aproximação da coloração vermelha.

Tabela 15 - Resultados da análise de cor, coordenada (*a*), de grãos de cafés Robusta Amazônicos, do tipo Natural e Cereja descascado, fermentados ou não fermentados e armazenados em sacaria de juta em 10 °C, por 12 meses.

	CD	Natural
Fermentado	5,21 aA	6,24 bB
Não fermentado	5,89 aB	5,64 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

A coordenada *b*, por sua vez, corresponde ao eixo de percepção das cores azul/ amarelo, onde números menores estão ligados à prevalência da coloração azulada, mais desejável em grãos de café (WALDEMARIN *et al.*, 2013). Nos grãos de café robusta avaliados neste estudo, houve diferenciação aos seis meses de armazenamento, quando os grãos foram fermentados, com prevalência de coloração vermelho em relação aos demais tratamentos analisados (TABELA 16). Não houve diferenciação em relação ao tempo de armazenamento em grãos não fermentados.

Analisando os efeitos da fermentação, observa-se que os cafés fermentados apresentaram maiores valores da coordenada *b*, aos três e doze meses de armazenamento, em relação aos cafés não fermentados. Esses resultados indicam uma maior tendência para a coloração avermelhada, nessas condições.

Tabela 16 - Resultados da análise de cor, coordenada (*b*), de grãos de café Robusta Amazônicos, fermentados ou não, armazenados em sacaria de juta em 10 °C, por períodos de 3, 6 e 12 meses.

	Tempo de armazenamento		
	3 meses	6 meses	12 meses
Fermentado	16,33 aB	17,35 bA	15,99 aB
Não fermentado	16,02 aA	15,85 aA	16,19 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

3.3 Cafés armazenados em embalagem de alta barreira (AB) em 25 °C

O armazenamento de grãos de café robusta em alta barreira a 25 °C influenciou a percepção sensorial de cafés Robusta Amazônicos (TABELAS 17 e 18). Os grãos de café, quando não submetidos ao processo de fermentação, mostraram maior pontuação no início do

armazenamento (TABELA 17). Além disso, a fermentação não foi favorável para cafés do tipo CD em comparação aos demais, mostrando menor pontuação sensorial nas avaliações (TABELA 18). Apesar desta situação, todos os cafés se classificaram como cafés comerciais finos (ICO, 2010).

Tabela 17 - Resultado da análise sensorial dos cafés Robusta Amazônico fermentados ou não fermentados e armazenados por períodos de 3, 6 e 12 meses em embalagem AB, em 25 °C.

	Tempo de armazenamento		
	3 meses	6 meses	12 meses
Fermentado	78,29 aB	77,54 aA	76,79 aA
Não fermentado	80,64 aA	75,87 bA	78,12 bA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 18 - Pontuação final na análise sensorial dos cafés Robusta Amazônico, do tipo Natural e Cereja descascado, fermentados ou não fermentados e armazenado em embalagem AB em 25 °C.

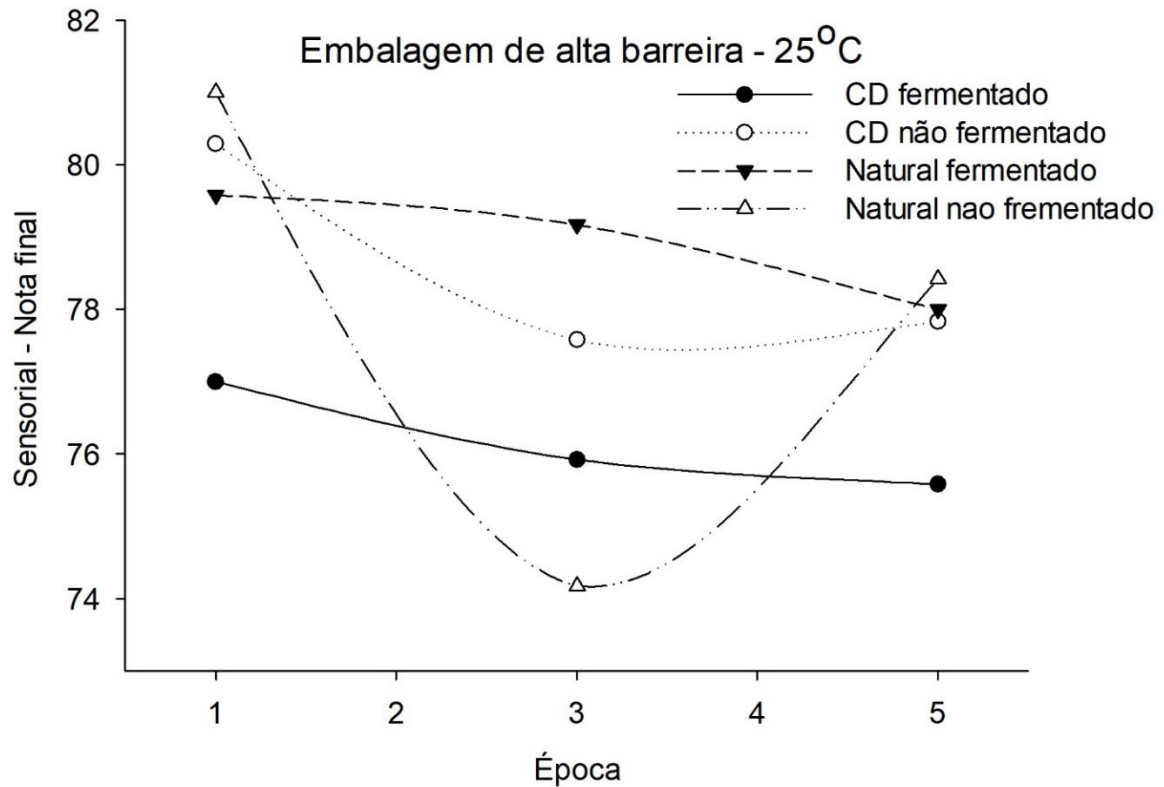
Sensorial	CD	Natural
Fermentado	76,16 bB	78,92 aA
Não fermentado	78,56 aA	77,86 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Os cafés Robusta Amazônicos Natural não fermentados apresentaram menor pontuação sensorial quando embalados em embalagem AB a 25 °C aos seis meses de armazenamento (FIGURA 3). No entanto, aos 0 e 12 meses, este café mostrou as maiores pontuações sensoriais. O café Cereja descascado não fermentado também mostrou menor pontuação aos 6 meses, comparado ao resultado obtido aos 0 e 12 meses. Embora a embalagem hermética diminua as trocas entre os grãos e o ambiente, mantendo aspectos sensoriais como a fragrância, aroma, sabor, doçura e acidez, outras características como finalização, corpo e equilíbrio podem ser modificadas no decorrer do tempo (PEREIRA *et al.*, 2019).

Figura 3 - Pontuação Final na análise sensorial dos cafés Robusta Amazônicos, do tipo Natural e Cereja descascado, fermentados ou não fermentados e armazenados em embalagem AB em 25°C, aos 0 meses (época 1), 3 meses (época 2), 6 meses (época 3) e 12 meses (época 5).



A massa específica (kg/m^3) dos grãos de café Robusta Amazônico armazenados em sacos de alta barreira a 25 °C mostrou ser influenciada pelo tipo, processamento e época de armazenamento (TABELA 19). Os cafés CD não mostraram diferenciação, mantendo a massa específica semelhante, independentemente da época avaliada ou da fermentação. O café Natural, quando não fermentado, mostrou menor massa específica após um ano armazenado. A embalagem alta barreira atua como uma barreira contra umidade e gases, podendo ser colocado dentro de sacos convencionais de juta, polipropileno ou papel para aumentar a proteção física destas embalagens. A variação de peso foi menor utilizando este tipo de condicionamento, em relação ao armazenamento em juta.

Tabela 19 - Resultados da massa específica (Kg/m^3) de cafés Robusta Amazônicos, do tipo Natural e Cereja descascado, fermentados ou não fermentados e armazenados por períodos de 3, 6 e 12 meses em embalagem de alta barreira em 25 °C.

	Fermentado			NF		
	3 meses	6 meses	12 meses	3 meses	6 meses	12 meses
CD	650,955 aA	650,342 aA	637,533 aA	657,329 aA	646,957 aA	666,190 aA
Natural	660,742 aA	652,022 aA	650,984 aA	662,152 aA	655,232 aA	638,289 bB

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

A condutividade elétrica dos grãos de café mostrou diferenciação quando estes foram armazenados em sacos de alta barreira (25 °C) (TABELAS 20 e 21). Cafés Cereja descascados fermentados e cafés Natural não fermentados mostraram maior condutividade elétrica ao serem armazenados em sacos de alta barreira em relação aos outros tratamentos (TABELA 20). Tanto o processamento como a fermentação do café são processos que provocam reações químicas que modificam a composição química original do grão de café cru, alterando as propriedades sensoriais da bebida (MALTA *et al.*, 2005).

Tabela 20 - Resultados da condutividade elétrica ($\text{uS.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$) dos cafés Robusta Amazônicos, do tipo Natural e Cereja descascado, fermentados ou não fermentados e armazenados em sacos de alta barreira a 25 °C.

	CD	Natural
Fermentado	90,33 aB	80,60 aA
Não fermentado	85,96 aA	88,74aB

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Também houve influência da época de armazenamento e tipo de café na condutividade elétrica de grãos armazenados em sacos de alta barreira (TABELA 21). Cafés Natural e CD mostraram menor condutividade elétrica após um ano de armazenamento, quando comparado ao início das avaliações. A embalagem hermética não permite trocas com o ambiente, principalmente de vapor d'água, o que pode ter favorecido a integridade das membranas, uma vez que houve redução nos riscos de fermentações indesejadas ou ataque de patógenos.

Tabela 21 - Resultados da condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}\cdot\text{g}^{-1}$) dos cafés Robusta Amazônicos, do tipo Natural e Cereja descascado, armazenados no período de 3, 6 e 12 meses em alta barreira a 25 °C.

	3 meses	6 meses	12 meses
Natural	87,04 bA	92,85 bA	74,12 aA
CD	102,01 bB	83,23 aA	79,19 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Verificou-se aumento no índice de luminosidade dos grãos de cafés, independentemente do tipo de processamento e fermentação, após o período de 12 meses de armazenamento (TABELA 22). Esse aumento da luminosidade está relacionado ao maior branqueamento dos grãos de café com o tempo de armazenamento, mesmo ao se utilizar a embalagem de alta barreira. Apesar disso, a embalagem de alta barreira foi mais eficiente em manter a cor dos grãos de café por um período maior do que o saco de juta. Dentre os aspectos físicos dos grãos, a qualidade visual desperta o interesse do consumidor e pode ser um entrave de comercialização, merecendo atenção. Coradi, Borém e Oliveira (2008) observaram que, em cafés arábica secados de forma Natural ou despulpado, os grãos mostraram maior branqueamento aos 90 e 180 dias, independente dos processos utilizados.

Tabela 22 - Resultados da análise de cor, índice de luminosidade (L), dos cafés Robusta Amazônicos, do tipo Natural e Cereja descascado e armazenados por períodos de 3, 6 e 12 meses em sacos de alta barreira a 25 °C.

Tempo de armazenamento	L
3 meses	44,28 a
6 meses	44,41 a
12 meses	45,77 b

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

3.4 Cafés armazenados em embalagem de alta barreira (AB) em 10 °C

Os cafés armazenados em embalagens de alta barreira em temperatura controlada mostraram respostas significativas quanto as pontuações sensoriais (TABELAS 23 e 24). Embora em todas as análises realizadas os cafés se enquadrem como cafés comerciais finos (ICO, 2010), houve redução na qualidade dos cafés após 6 meses de armazenamento (TABELA

23). Além disso, observa-se que os cafés CDs fermentados apresentaram a menor qualidade sensorial do que os demais cafés avaliados (TABELA 24).

Tabela 23 - Resultado da pontuação final na análise sensorial atribuída dos cafés Robusta Amazônico e armazenados por períodos de 3, 6 e 12 meses em sacos de alta barreira a 10 °C.

Tempo de armazenamento	Sensorial
3 meses	79,47 a
6 meses	77,20 b
12 meses	77,00 b

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.
Fonte: Do autor (2023).

Tabela 24 - Resultados da pontuação final na análise sensorial dos cafés Robusta Amazônico, do tipo Natural e Cereja descascado, fermentados ou não fermentados e armazenados em sacos de alta barreira a 10 °C.

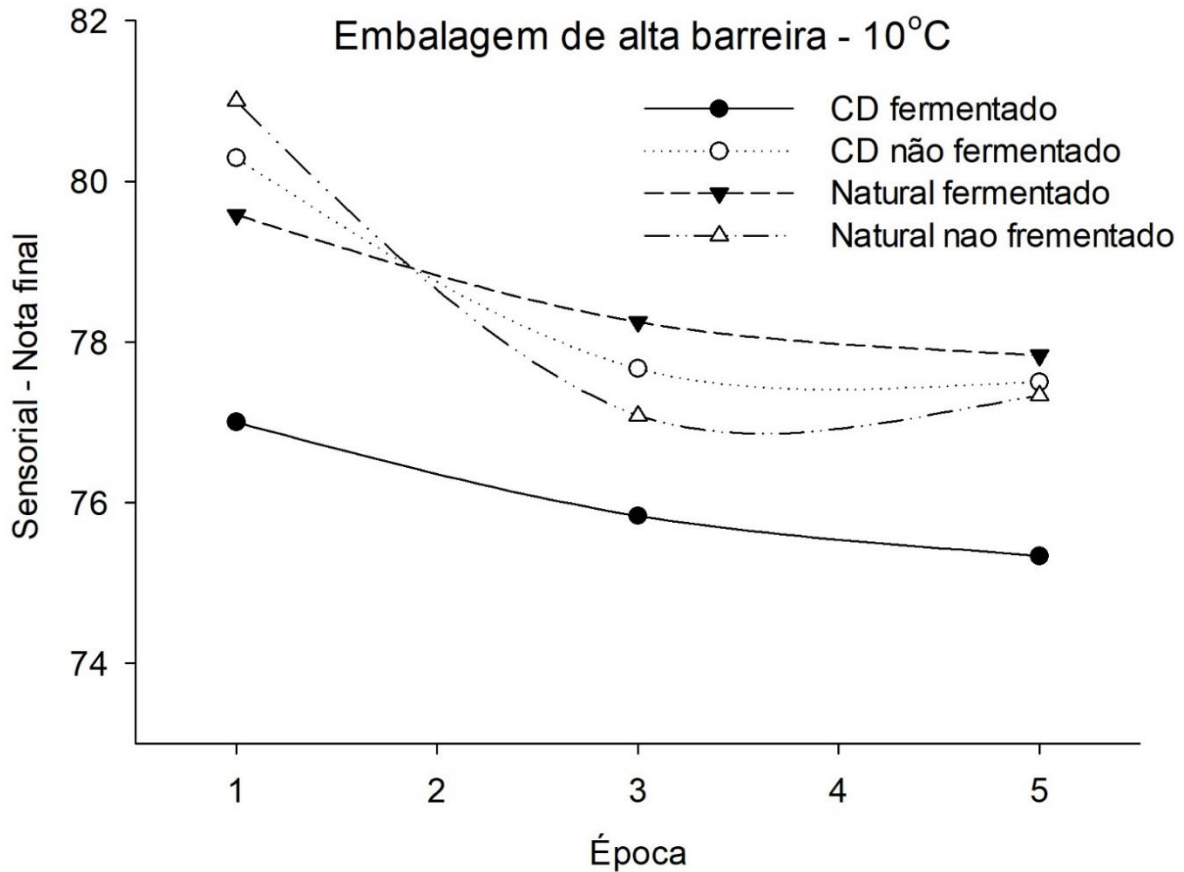
	CD	Natural
Fermentado	76,05 bB	78,55 aA
Não fermentado	78,49 aA	78,47 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Todos os tratamentos analisados mostraram queda nos atributos sensoriais no decorrer do tempo, principalmente os cafés CD fermentados (FIGURA 4). Os cafés não fermentados, seja CD ou Natural, tiveram menor nota aos seis meses, comparado aos valores obtidos no início e no final do período de avaliação. Ao avaliar cafés arábica Natural e despulpado armazenados, Coradi, Borém e Oliveira (2008) observaram que a análise sensorial do café é menos afetada pela interação do ambiente após 180 dias de armazenagem.

Figura 4 - Pontuação sensorial na análise sensorial dos cafés Robusta Amazônicos do tipo Natural e Cereja descascado, fermentados ou não fermentados e armazenados aos 0 meses (época 1), 3 meses (época 2), 6 meses (época 3) e 12 meses (época 5), em sacos de alta barreira a 10 °C.



Fonte: Do autor (2023).

A massa específica dos grãos foi diminuindo de acordo com o tempo de armazenamento, mesmo em embalagem de alta barreira e temperatura controlada (TABELA 25). Assim como outras características físicas de produtos agrícolas, a massa específica é importante, pois permite entender a movimentação de ar em massas granulares, como grãos de café (SAATH *et al.*, 2019). Desta forma, entende-se que mesmo com menor interferência do meio externo, as modificações que ocorrem no interior da embalagem também podem contribuir no menor peso em decorrência do tempo, assim como observado na análise sensorial. Vale ressaltar que a secagem foi realizada até os grãos atingirem os teores de 12% de umidade, o que pode ter proporcionado a queda da massa específica, mesmo em embalagens herméticas. Futuros trabalhos podem ser realizados para avaliar se esse comportamento se mantém, em secagens até níveis menores de umidade.

Tabela 25 - Resultados de massa específica (kg/m^3) dos cafés Robusta Amazônicos, do tipo Natural e Cereja descascado, fermentados ou não fermentados e armazenados por períodos de 3, 6 e 12 meses em sacos de alta barreira a $10\text{ }^\circ\text{C}$.

Tempo de armazenamento	Massa específica
3 meses	657,79 a
6 meses	647,14 b
12 meses	646,83 b

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.
Fonte: Do autor (2023).

A condutividade elétrica dos grãos armazenados em sacos de alta barreira a $10\text{ }^\circ\text{C}$ mostrou ser influenciada tanto pelo tipo de café (TABELA 26) como pelo processo de fermentação e época de armazenamento (TABELA 27). Cafés Robusta Amazônicos do tipo Natural mostraram menores danos às membranas do que cafés do tipo CD, uma vez que a média de condutividade elétrica foi menor. O método de processamento Natural apresenta vantagens para integridade das membranas por ocorrer em temperaturas amenas, quando comparado a outros métodos de secagem (PINHEIRO *et al.*, 2012).

Tabela 26 - Resultados da condutividade elétrica ($\text{uS.cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$) dos grãos de cafés Amazônicos, do tipo Natural e Cereja descascado e armazenados em sacos de alta barreira a $10\text{ }^\circ\text{C}$.

Tipo de processamento	Condutividade Elétrica
CD	90,49 b
Natural	82,27 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.
Fonte: Do autor (2023).

Cafés fermentados ou não, em sacos de alta barreira a $10\text{ }^\circ\text{C}$, mostraram maior condutividade elétrica nos primeiros meses de armazenamento. De acordo com os resultados apresentados na Tabela 27, não se verifica aumento dos valores de condutividade elétrica durante o período de armazenamento, podendo-se inferir que a utilização da embalagem de alta barreira, associada à refrigeração, contribuiu para manutenção dos sistemas de membranas celulares dos cafés ao longo do período de armazenamento.

Tabela 27 - Resultados da condutividade elétrica (uS.cm-1. g⁻¹) dos grãos de cafés Amazônicos, do tipo Natural e Cereja descascado, fermentados ou não fermentados e armazenados por períodos de 3, 6 e 12 meses em sacos de alta barreira a 10 °C.

	Tempo de armazenamento		
	3 meses	6 meses	12 meses
Fermentado	95,89 bA	95,81 bB	74,53 aA
Não fermentado	93,17 bA	75,89 aA	82,99 aB

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

O armazenamento é uma tática que, se bem conduzido, pode amenizar a deterioração e manter a qualidade do produto por um determinado período que, de forma estratégica, pode atender às demandas de mercado na entressafra. Porém, traz como impasse o branqueamento e perda de qualidade sensorial, que podem acarretar menor valor de venda. No aspecto visual, o índice de luminosidade foi maior em cafés CD e Natural após 12 meses de armazenamento (TABELA 28). Em algumas situações, quando o café é armazenado com casca, os revestimentos externos do fruto contribuem para a sua proteção, reduzindo os possíveis efeitos ambientais (MALTA *et al.*, 2013). No caso do presente trabalho, o branqueamento pode ter sido intensificado no decorrer do tempo pela ausência desta proteção.

Tabela 28 - Resultados da análise de cor, índice de luminosidade (L) dos grãos de cafés Amazônicos, do tipo Natural e Cereja descascado e armazenados por períodos de 3, 6 e 12 meses em sacos de alta barreira a 10 °C.

	Tempo de armazenamento		
	3 meses	6 meses	12 meses
CD	44,04 aA	43,43 aA	45,97 bA
Natural	44,51 aA	45,11 aB	45,72 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Os valores associados a coloração dos grãos (coordenada *a* e *b*) mostraram influência da época de armazenagem e tipo de café (TABELAS 29 e 30). Assim como ocorreu no índice de luminosidade, maior tempo de armazenamento (12 meses) também proporcionou maior média na coordenada *a* em relação as demais épocas estudadas (TABELA 29), mostrando maior prevalência de pigmentos vermelhos, indesejáveis em grãos de café.

Tabela 29 - Resultados da análise de cor, índice de luminosidade (coordenada *a*), dos dos cafés Amazônicos, do tipo Natural e Cereja descascado, fermentados ou não fermentados e armazenados por períodos de 3, 6 e 12 meses em sacos de alta barreira a 10 °C.

Tempo de armazenamento	<i>a</i>
3 meses	5,97 a
6 meses	5,76 a
12 meses	6,44 b

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.
Fonte: Do autor (2023).

A retirada do exocarpo e mesocarpo nos cafés Cerejas descascados, contribui para a aproximação da coordenada *a* e *b* (Tabela 30). Assim como observado neste estudo, Corrêa *et al.* (2002) concluíram que em cafés CD, houve a redução dos valores das coordenadas cromáticas *a* e *b*, configurando uma aproximação com a coloração desejável em grãos de café.

Tabela 30 - Resultados da análise de cor, índice de luminosidade (coordenadas *a* e *b*) dos grãos de cafés Amazônicos, do tipo Natural e Cereja descascado, armazenados em sacos de alta barreira a 10 °C.

	<i>a</i>	<i>b</i>
CD	5,63 a	15,97 a
Natural	6,24 b	16,60 b

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.
Fonte: Do autor (2023).

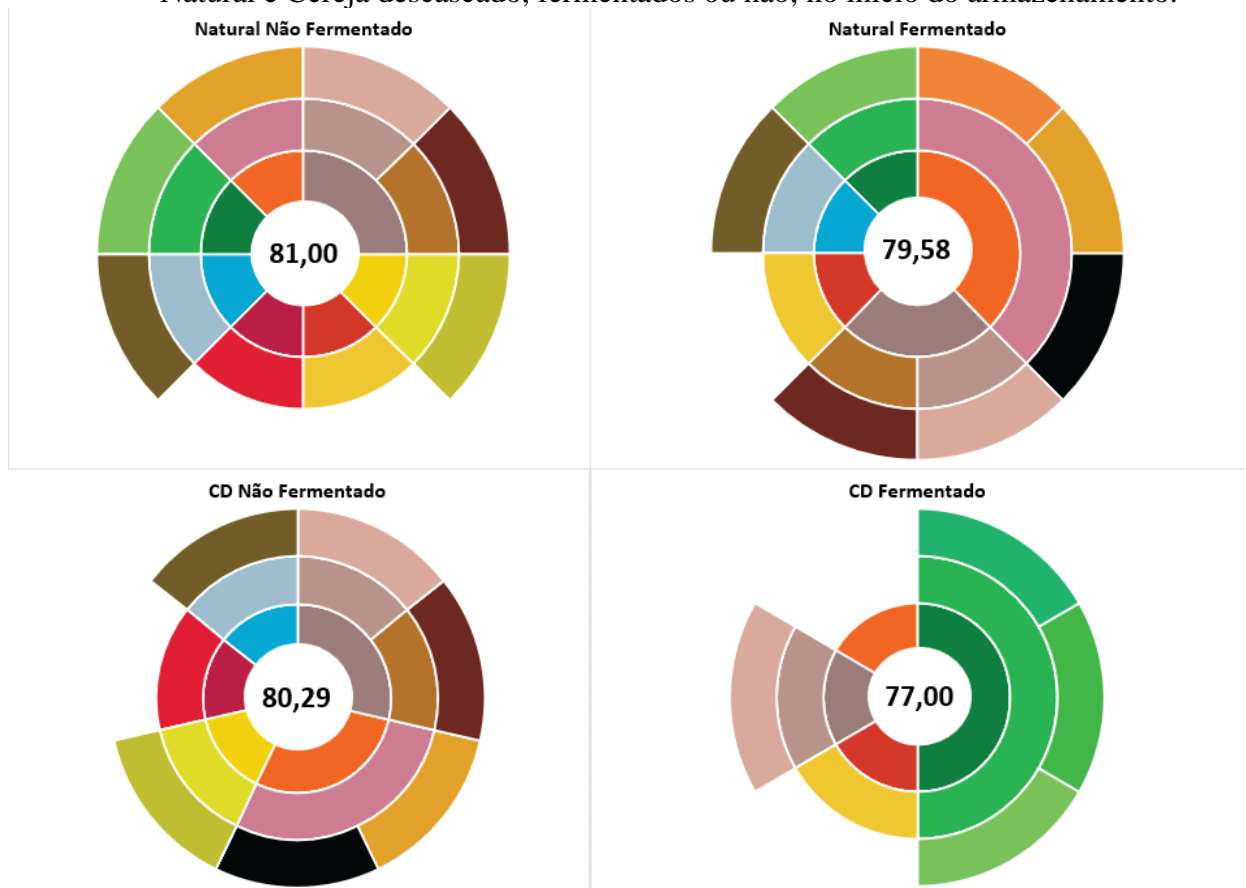
3.5 Estudo sobre os descritores encontrados nas bebidas

Além das pontuações finais da análise sensorial, também foi utilizada neste estudo, a análise dos descritores encontrados nas bebidas, como forma de analisar a qualidade dos cafés. Embora cafés arábicas e robustas se diferenciem em muitas características sensoriais e compostos químicos, a exemplo de teor de sacarose, ácidos fenólicos, cafeína e tocoferóis (SCHWAN; SILVA; BATISTA, 2012), neste trabalho esta ferramenta foi utilizada para avaliar cafés robusta.

3.5.1 Descritores encontrados no início do armazenamento

Dentre os descritores no tempo inicial, os provadores encontraram, para o café Natural não fermentado, amêndoa, herbal, pipoca, amadeirado, caramelo, doce, chocolate, pimenta, cereal, acidez, suave; com destaque para os descritores amêndoa, chocolate e doce, os quais foram encontrados em maior frequência. Para o Natural fermentado, os provadores encontraram herbal, caramelo, doce, pipoca, chocolate, sacaria, cereal, cedro, amêndoas, juta, caja, mel, açúcar mascavo; com destaque para caramelo, doce chocolate, sendo esses descritores observados em maior frequência pelos degustadores.

Figura 1 - Descritores encontrados na análise sensorial dos cafés Robusta Amazônicos do tipo Natural e Cereja descascado, fermentados ou não, no início do armazenamento.



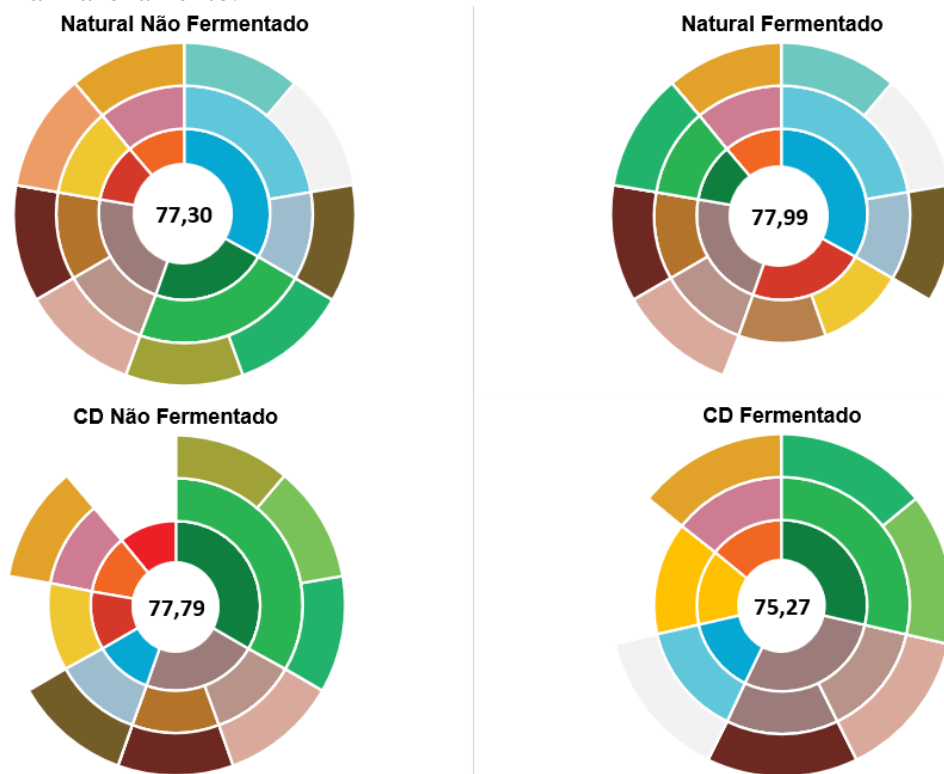
Fonte: Do autor (2023).

Para os cafés CD não fermentados, foram observadas notas de caramelo, doce, melão, chocolate, flat, pimenta, cedro, amêndoas e juta, com destaque para o descritor doce e melão. Para os CD fermentados, os descritores foram herbal, vegetal, doce, sacaria, pipoca, amêndoas, cereal, manteiga e ervilha; com destaque para os descritores herbal e vegetal, que apareceram mais vezes.

3.5.1 Descritores encontrados no final do armazenamento (doze meses)

Sabe-se que cafés com mesmas pontuações podem apresentar descritores completamente diferentes (ARTÊNCIO *et al.*, 2023). Em relação ao tempo máximo de armazenamento (12 meses), os provadores destacaram os descritores doce, chocolate e seco para café Natural não fermentado. Cafés Robusta Natural fermentados tiveram como destaque os descritores amêndoa, doce e seco. Descritores amêndoa, chocolate (cacau) e caramelo também foram observados em cafés Robusta Amazônicos, principalmente por provadores que receberam a informação de origem das bebidas (ARTÊNCIO *et al.*, 2023).

Figura 2 - Descritores encontrados na análise sensorial dos cafés Robusta Amazônicos do tipo Natural e Cereja descascado, fermentados ou não, aos doze meses de armazenamento.



Fonte: Do autor (2023).

Os cafés Cereja descascado não fermentado, ao final de doze meses de armazenamento, mostraram-se o descritor vegetal em evidência. O destaque foi para descritores doce, madeira e seco (FIGURA 2). A fermentação traz diferenças no perfil químico e bioquímico do café, resultando geralmente em uma bebida de sabor mais estável, a depender do grau de fermentação (WANG *et al.*, 2023).

4 CONCLUSÕES

Aspectos físicos e sensoriais de cafés Robusta Amazônicos armazenados em embalagens de juta e de alta barreira, e em temperatura diversa, são influenciados pelo método de processamento (i.e. Natural ou Cereja descascado) e pelo processo de fermentação.

Melhor qualidade de bebida foi observada em cafés Robustas Amazônicos submetidos ao processamento Natural.

A pontuação sensorial foi maior aos três meses do armazenamento dos cafés em embalagens de juta e de alta barreira, seja a 10 °C ou 25 °C, em relação aos 6 e 12 meses.

O processo de fermentação não promoveu melhorias significativas na qualidade do café Robusta Amazônico, independentemente do tipo de processamento.

Os cafés Robusta Amazônicos apresentam uma complexidade de sabores, podendo apresentar inúmeros descritores na bebida.

REFERÊNCIAS

- AHMED, S. *et al.* Climate change and coffee quality: systematic review on the effects of environmental and management variation on secondary metabolites and sensory attributes of *Coffea arabica* and *Coffea canephora*. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 708013, 2021.
- ALVES, E.A. *et al.* Efeito da fermentação sobre qualidade da bebida do café robusta (*coffea canephora*) cultivado na Amazônia Ocidental. **Revista Ifes Ciência**, v. 6, n. 3, p. 159-170, 2020.
- ARTÊNCIO, M.M. *et al.* The impact of coffee origin information on sensory and hedonic judgment of fine Amazonian robusta coffee. **Journal of Sensory Studies**, p. e12827, 2023.
- BARBOSA, J.N. *et al.* Coffee Quality and Its Interactions with Environmental Factors in Minas Gerais, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 4, p. 181-190, 2012.
- CORADI, P.C.; BORÉM, F.M.; OLIVEIRA, J.A. Qualidade do café Natural e despulpado após diferentes tipos de secagem e armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, p. 181-188, 2008.
- CORRÊA, J.Pa; LANDGRAF, P.R.C.; REZENDE, T.T. Armazenamento da semente de café. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, p. e28111435945-e28111435945, 2022.
- COSTA, Paula de Souza Cabral; CARVALHO, Maria Laene Moreira de. Teste de condutividade elétrica individual na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de café (*Coffea arabica* L.). **Ciência e agrotecnologia**, v. 30, p. 92-96, 2006.
- DE SOUSA E SILVA, J. *et al.* Harvesting, Drying and Storage of Coffee. **Quality Determinants in Coffee Production**, p. 1-64, 2021.
- DE SOUZA, D.A. *et al.* Sensory quality of coffee beverages from *Coffea arabica* L. cultivars as affected by post-harvest processing. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 6, n. 2, p. 962-968, 2023.
- FAGAN, E.B. *et al.* Efeito do tempo de formação do grão de café (*Coffea* sp) na qualidade da bebida. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 5, p. 729-738, 2011.
- FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. *In*: Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 45, 2000. **Anais [...]**. São Carlos, SP: SIB, p. 255- 258, 2000.
- ICO. International Coffee Organization. Sensorial Analysis Disponível em: http://www.ico.org/workshop.asp?section=Meetings_and_Documents. Acesso em: 13 ago. 2023.
- KRZYZANOWSKY, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A. Relatos dos testes de vigor disponíveis as grandes culturas. **Informativo ABRATES**, Brasília, v. 1, n. 2, p. 15-50, mar. 1991.

- LOPES, D.de C.; NETO, A.J.S. Modelling the dry matter loss of coffee beans under different storage conditions. **Journal of Stored Products Research**, v. 88, p. 101669, 2020.
- MALTA, M.R. *et al.* Alterações na qualidade do café submetido a diferentes formas de processamento e secagem. **Revista Engenharia na Agricultura-Reveng**, v. 21, n. 5, p. 431-440, 2013.
- MALTA, M.R.; PEREIRA, R.G.F.A.; CHAGAS, S.J. de R. Condutividade elétrica e lixiviação de potássio do exsudato de grãos de café: alguns fatores que podem influenciar essas avaliações. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 1015-1020, 2005.
- MARCOLAN, A.L. *et al.* **Café na Amazônia**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 474 p.
- NGUGI, K.; ALUKA, P. Genetic and phenotypic diversity of robusta coffee (*Coffea canephora* L.). In: **Caffeinated and Cocoa Based Beverages**. [S.l.]: Woodhead Publishing, 2019. p. 89-130.
- PABIS, S. JAYAS, D.S.; CENKOWSKI, Stefan. **Grain drying: theory and practice**. John Wiley & Sons, 1998.
- PAZMIÑO-ARTEAGA, J. *et al.* Loss of sensory cup quality: Physiological and chemical changes during green coffee storage. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 77, n. 1, p. 1-11, 2022.
- PEREIRA, L.L. *et al.* **Construction of Sensory Profile for Fermented Conilon Coffee**. v. 5, p. 242–252, 2019.
- PINHEIRO, P. *et al.* Qualidade do café ‘conilon’ sob diferentes formas de secagem. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, 2012.
- RIBEIRO, F.C.; BORÉM, F.M.; GIOMO, G.S. Storage of green coffee in hermetic packaging injected with CO₂. **Journal of Stored Products Research**, Elmsford, v. 47, n. 4, p. 341-348, Oct. 2011.
- RIGUEIRA, R.J. de A. *et al.* Armazenamento de grãos de café Cereja descascado em ambiente refrigerado. **Engenharia na Agricultura**, v. 17, n. 4, 2009.
- SAATH, R. *et al.* Propriedades físicas da massa granular dos cafés em função do teor de água dos grãos. **Revista AgroFIB**, v. 1, n. 1, 2019.
- ESPÍNDULA, M.C. *et al.* **Robustas Amazônicas: os cafeeiros cultivados em Rondônia** – Brasília, DF: Embrapa, 2022. 144 p.: il.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Análise de variância

Tabela 1 - Resumo das análises de variância dos resultados das avaliações dos cafés Robusta Amazônicos, para o armazenamento em sacaria de juta, Fontes de Variação em temperaturas de 10 e 25 °C: Condutividade Elétrica (CE); Massa Específica (ME); Análise sensorial; Coordenadas da cor.

Fontes de Variação	Armazenamento em Juta a 25 °C						Armazenamento em Juta a 10 °C					
	CE (J25)	ME (J25)	Sensorial (J25)	Cor <i>L</i> (J25)	Cor <i>a</i> (J25)	Cor <i>b</i> (J25)	CE (J10)	ME (J10)	Sensorial (J10)	Cor <i>L</i> (J10)	Cor <i>a</i> (J10)	Cor <i>b</i> (J10)
Processamento	*	*	*				*	*		*		
Fermentação	*	*	*				*	*				
Época	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	
P X F	*		*		*		*	*			*	
P X E							*	*				
P X E									*			*
P X F X E		*										
CV (%)	6,6	2,11	2,67	2,8	10,47	5,67	8,20	1,96	2,59	2,17	14,24	4,62

*: Significativo ($p>0,05$); **: Muito significativo ($p>0,01$).

Fonte: Do Autor (2023).

APÊNDICE B – Análise de variância

Tabela 1 - Resumo das análises de variância dos resultados das avaliações dos cafés Robusta Amazônicos, para o armazenamento em embalagem de alta barreira, em temperaturas de 10 e 25 °C: Condutividade Elétrica (CE); Massa Específica (ME); Análise sensorial; Coordenadas da cor.

Fontes de Variação	Armazenamento em AB a 25°C						Armazenamento em AB a 10°C					
	CE (AB25)	ME (AB 25)	Sensorial (AB 25)	Cor <i>L</i> (AB 25)	Cor <i>a</i> (AB 25)	Cor <i>b</i> (AB 25)	CE (AB 10)	ME (AB 10)	Sensorial (AB 10)	Cor <i>L</i> (AB 10)	Cor <i>a</i> (AB 10)	Cor <i>b</i> (AB 10)
Processamento				*			*		*		*	*
Fermentação									*			
Época	*		*	*			*	*	*	*	*	
P X F	*		*						*			
P X E	*						*			*		
P X E			*									
P X F X E		*										
CV (%)	6,87	2,13	2,98	2,52	10,48	5,70	7,88	1,91	2,4	2,28	9,84	5,32

*: Significativo ($p > 0,05$); **: Muito significativo ($p > 0,01$).

Fonte: Do Autor (2023).

CAPÍTULO 3 IMPACTO DAS CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO NA CONSERVAÇÃO DE CAFÉ ROBUSTA AMAZÔNICO

RESUMO

Nesse estudo avaliou-se a influência da fermentação em dois diferentes processamentos (Natural ou Cereja descascado) de cafés da espécie *C. Canephora*, variedade botânica *robusta*, originário da região amazônica. Os cafés processados foram armazenados no período de um ano, com retiradas de amostras a cada três meses, para avaliação. O experimento foi realizado em esquema fatorial 2x2x2, com dois tipos de café (Natural e Cereja descascado), duas condições de fermentação (fermentados ou não) e dois ambientes de armazenamento (ambiente refrigerado e armazém convencional). Avaliou-se os aspectos sensoriais dos cafés, além da condutividade elétrica, lixiviação de potássio, luminosidade e peso dos grãos. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste *Skott Knott* a 5% de probabilidade. A qualidade de cafés Robusta Amazônicos armazenados é influenciada pelas condições de armazenagem. Cafés CD não fermentados, quando armazenados em sacos de juta por longos períodos, podem apresentar menor pontuação sensorial em relação ao processamento Natural. Cafés Robustas Amazônicos, quando processados por via úmida, tendem a apresentar maiores valores de condutividade elétrica. Para a maioria das condições de armazenamento, os cafés CD fermentados apresentaram maiores valores de lixiviação de potássio. Cafés Robustas Amazônicos, quando armazenados em sacos de juta e em temperaturas altas, apresentam maior branqueamento dos grãos.

Palavras-chaves: *Coffea canephora*. Manutenção da qualidade. Café Amazônico.

ABSTRACT

In this study, the influence of fermentation in two different processing methods (Natural or Pulped Natural) of coffees from the *C. Canephora* species, specifically the robusta botanical variety originating from the Amazon region, was evaluated. The processed coffees were stored for over one-year, with samples taken every three months for evaluation. The experiment was conducted in a 2x2x2 factorial design, with two types of coffee (Natural and Pulped Natural), two fermentation conditions (fermented or not), and two storage environments (refrigerated environment and conventional warehouse). The sensory aspects of the coffees were evaluated, in addition to electrical conductivity, potassium leaching, luminosity, and grain weight. The data were subjected to analysis of variance and the Scott-Knott test at a 5% probability level. The quality of stored Amazonian Robusta coffees is influenced by storage conditions. Non-fermented Pulped Natural coffees, when stored in jute bags for extended periods, may exhibit lower sensory scores compared to Natural processing. Amazonian Robusta coffees, when processed by the wet method, tend to show higher electrical conductivity values. For most storage conditions, fermented Pulped Natural coffees showed higher potassium leaching values. Amazonian Robusta coffees, when stored in jute bags and at high temperatures, exhibit greater grain whitening.

Palavras-chaves: *Coffea canephora*. Maintenance of Quality. Amazon coffees.

1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma das atividades agrícolas mais tradicionais no Brasil, e a comercialização dos cafés brasileiros representa uma grande parcela das exportações mundiais do produto. Estima-se uma produção de 54,7 milhões de sacas de 60 Kg para a safra brasileira de 2023. As espécies de maior valor comercial são *Coffea arabica* L. (café arábica) e *Coffea canephora* Pierre et Froenher (variedades botânicas *conilon* e *robusta*), sendo 16,8 milhões de sacas da espécie *C. Canephora*, o que representa cerca de 30,7% do total produzido (CONAB, 2023). Embora se observe que as características fisiológicas, genéticas e morfológicas tornam o *C. arabica* mais adaptável à topografia dos grandes centros produtivos, em relação ao *C. canephora*, (MARTINS *et al.*, 2022), outras formas de cultivo desperta interesse de produtores e consumidores.

Neste cenário, cafés do tipo robusta da região amazônica vêm ganhando evidência em qualidade, respondendo às novas exigências do mercado e atraindo novos consumidores. Destacam-se por serem um café que apresenta menor teor de sacarose em comparação às cultivares de *C. arabica*, mas possuem, em sua composição, maior teor de compostos bioativos (i. e. ácido oléico e ácido clorogênico), além de possuírem maior porcentagem de cafeína (SCHWAN; SILVA; BATISTA, 2012). Além disso, se destacam em produtividade na região amazônica, pela grande exigência em recursos hídricos (FRANCISCO *et al.*, 2023). O índice tecnológico empregado na produção e comercialização de café no estado de Rondônia tem sido cada vez mais sofisticado, com ganhos em produtividade e qualidade. Os atributos da qualidade inicial do café dependem das condições de cultivo, dos métodos da pós-colheita, variáveis ambientais e procedimentos realizados como a fermentação, que pode conferir alterações em suas características sensoriais, bioquímicas e físicas (ZAREBSKA *et al.*, 2022). A fermentação do café tem sido muito utilizada por proporcionar nuances especiais de sabores e aromas, melhorando o perfil sensorial. Pode ser realizada nos frutos íntegros (café Natural) ou descascados (Cerejas descascados – CD), obtendo-se o café fermentado.

Além disso, o armazenamento é de suma importância para a manutenção da qualidade do produto final, que é conquistada ao longo de toda a condução da lavoura e na pós-colheita (TRAN *et al.*, 2020). Contudo, para a espécie *Coffea canéfora*, ainda são necessários estudos sobre os efeitos dos fatores que influenciam na qualidade da bebida, tais como os métodos de processamento e condições durante o armazenamento.

Essas ações poderão contribuir para o conhecimento do processo de deterioração dos grãos de café Robustas Amazônicos fermentados, o que permitirá a busca por ações de manutenção da qualidade, validando tecnologias no armazenamento, proporcionando a oferta de cafés de alta qualidade no mercado e tornando a espécie uma alternativa economicamente viável para o produtor.

Diante do exposto, o objetivo nessa pesquisa foi investigar o comportamento durante o armazenamento de cafés Robustas Amazônicos de diferentes tipos de processamentos, em diferentes condições ambientais, submetidos ou não à fermentação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização do experimento

2.1.1 Material genético

O material genético utilizado no experimento foi o café Robusta Amazônico Clone 010 (*C. canephora*), selecionado na propriedade da família do senhor Laerte Braun, nas proximidades da rodovia estadual RO-010, no município de Nova Brasilândia d'Oeste, RO, sendo esse o local de origem. Desde 2014, o material genético vem sendo amplamente utilizado na região, devido ao seu desempenho produtivo nas lavouras comerciais. O Clone 010 se destaca por ser uma planta com características de porte alto, ciclo de maturação intermediária/tardia e frutos de tamanho médio, apresenta maturação uniforme, fácil desprendimento dos frutos e flexibilidade das hastes, facilitam a colheita, pode apresentar boas notas sensoriais, o que promove sua ampla utilização nos concursos de qualidade realizados dentro e fora do estado de Rondônia (ESPÍNDULA *et al.*, 2022). A colheita foi realizada na propriedade da produtora Poliana Perrut de Lima, no município de Novo Horizonte d'Oeste, RO, Km 1,5, Linha 152

2.1.2 Colheita, processamento e secagem

A colheita dos frutos foi realizada de forma manual e seletiva, quando as plantas estavam com índice de maturação superior a 90% de frutos maduros, estágio Cereja. Após essa etapa, os frutos foram lavados para retirada de impurezas e frutos 'boia', aqueles secos, mal granados, defeituosos ou brocados.

Após a lavagem, os frutos maduros e perfeitos foram submetidos ao processamento Natural (frutos íntegros) ou Cereja descascado (retirada da casca e preservação da mucilagem). Parte dos cafés Natural e café Cereja descascado foi submetida ao processo de fermentação e outra parte não foi submetida à fermentação.

Para o processo de fermentação, os cafés Natural e o Cereja descascado foram colocados em caixas, adicionando-se água limpa até formar uma lâmina de aproximadamente 2 cm sobre os frutos e grãos. Foi então, adicionado um inoculante com leveduras, utilizando a *Saccharomyces cerevisiae* (LALCAFÉ) como cultura iniciadora. As caixas d'águas foram

mantidas abertas, em locais cobertos, sem controle de temperatura. Sendo assim, trata-se de uma fermentação anaeróbica autoinduzida, simulando o processo que ocorre em escala comercial.

O processo de fermentação durou 72 horas e, após esse período, os cafés foram submetidos à secagem Natural, em secadores do tipo ‘cama africana’, correspondentes a terreiros suspensos com coberturas de lona plástica. O processo de secagem foi finalizado quando os grãos atingiram teores de água de 10 a 12%. Em seguida, os cafés foram beneficiados, embalados e armazenados em duas diferentes condições.

2.1.3 Armazenamento dos cafés

Após secagem, os cafés foram transportados para a cidade de Lavras (MG), sendo a pesquisa realizada no Laboratório Central de Análise de Sementes, da Universidade Federal de Lavras (LAS-UFLA), e no Laboratório de Pós-Colheita, da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG).

Após secagem, os cafés Robusta Amazônicos, do tipo Natural e Cereja descascados fermentados ou não fermentados, foram armazenados em duas condições, em armazém convencional e em ambiente refrigerado. Parte dos cafés foi armazenada no armazém da Usina de Beneficiamento de Sementes (LAS-UFLA), em temperatura e umidade ambiente, sem controle. Outra parte dos cafés foi armazenada em câmara fria, em temperatura média de 13 °C e umidade relativa de 45%.

Os cafés foram armazenados por período e um ano e, a cada três meses, foram retiradas amostras para avaliação da qualidade, por meio das seguintes análises e testes descritos.

2.2 Avaliações dos cafés

2.2.1 Análise sensorial

A análise sensorial dos cafés foi realizada por uma banca de 06 (seis) degustadores, de acordo com o Protocolo de Degustação dos Robustas Finos (PDRF). O uso de 06 provadores em análises sensoriais foi proposto inicialmente por Pereira *et al.* (2019), tendo como objetivo a redução do processo de subjetividade da análise.

Os provadores utilizaram a roda de sabores proposta pela *Specialty Coffee Association of Americas* (SCAA, 2015) e cada descritor foi relacionado a uma pontuação específica. Para melhor descrição, os dados foram submetidos à ilustração gráfica. A roda de sabores da SCAA foi desenvolvida para cafés especiais, organizando os descritores sensoriais mais utilizados pelos provadores Q-Graders, (SCAA, 2015).

As análises foram realizadas no Laboratório de Análise e Pesquisa em Café (LAPC), do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Campus Venda Nova dos Imigrantes, no município de Venda Nova dos Imigrantes, ES.

As amostras foram preparadas respeitando a metodologia da *Uganda Coffee Development Authority* (UCDA). As torras foram conduzidas utilizando o torrador Probatino da marca Probat, com acompanhamento do conjunto de discos Agtron-SCAA, e o ponto de torra das amostras, situaram-se entre as cores determinadas pelos discos #65 e #55, para cafés especiais (UCDA, 2010).

As torras foram executadas com 24 horas de antecedência da prova e a moagem respeitou o tempo de 8 horas de descanso após a torra. Todas as amostras foram torradas entre 9 a 10 minutos e, após a torra e o resfriamento, as amostras permaneceram lacradas, conforme a metodologia de análise sensorial estabelecida.

As amostras de cafés foram moídas com moedor elétrico Bunn G3, com granulometria média/grossa. Cada amostra de café foi degustada com 5 xícaras, sendo adotada a concentração ótima (8,25 gramas de café moído em 150 ml de água), em conformidade com o ponto médio do gráfico de equilíbrio ótimo para obtenção do Golden Cup (UCDA, 2010). O ponto de infusão de água foi determinado após a água atingir 92-95 °C. Os provadores iniciaram as avaliações quando a temperatura das xícaras atingiu 55 °C, respeitando o tempo de 4 minutos para a degustação após a infusão.

2.2.2 Avaliação da cor

A cor dos grãos crus dos cafés foi determinada no colorímetro Minolta® modelo CR 300, por leitura direta das coordenadas L, a, b, conforme descrito por Nobre (2005). As amostras foram colocadas em placas de petri e, para cada repetição, foram realizadas três leituras, nos quatro pontos cardeais, e uma no ponto central da placa, gerando índices de luminosidade média das cinco amostras.

2.2.3 Condutividade elétrica e lixiviação de potássio

A condutividade elétrica dos grãos foi determinada adaptando a metodologia proposta por Krzyzanowsky *et al.* (1991). Foram utilizados 50 grãos de cada parcela, os quais foram pesados com precisão de 0,001g e imersos em 75 ml de água destilada no interior de copos plásticos de 180 mL de capacidade. Os recipientes permaneceram em estufa regulada em 25 °C, por cinco horas, procedendo-se a leitura da condutividade elétrica da solução de embebição, em aparelho Digimed CD-20. Com os dados obtidos, foi calculada a condutividade elétrica, expressando-se o resultado em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de grãos. Foram realizadas análises do teor de água dos grãos e os dados foram transformados para a base seca.

A lixiviação de íons de potássio será realizada nos grãos crus, segundo metodologia proposta por Prete (1992). Após a leitura da condutividade elétrica, as soluções serão submetidas à determinação da quantidade de potássio lixiviado, sendo a leitura realizada em fotômetro de chama Digimed NK-2002. Com os dados obtidos, será calculada a quantidade de potássio lixiviado, expressando-se o resultado em ppm.

2.2.4 Massa específica dos grãos

A massa específica dos grãos, definida como a razão entre a massa e o volume aplicado, foi determinada de acordo com proposto por Pabis *et al.* (1998). Amostras de cafés foram pesadas em uma balança analítica, com volume conhecido, e os resultados foram expressos em kg/m^3 . Como cafés são comercializados em sacas, em sua grande parte, essa propriedade física permite mensurar a quantidade de grãos necessários para encher uma saca de 60kg.

2.3 Delineamento experimental e análise estatística

Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 2 x 2, sendo analisados dois tipos de processamento (Natural e CD), a fermentação (com e sem fermentação) e duas condições de armazenamento (câmara fria a 10 °C e armazém convencional a 25 °C, em média), com três repetições. A análise de variância dos dados numéricos foi realizada separadamente, aos três e doze meses de armazenamento, e para os cafés armazenados em sacaria de juta ou de alta barreira. Os dados foram submetidos à análise

de variância e à comparação de médias pelo teste de Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade, com auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os resultados encontrados, observa-se a interação tripla entre alguns fatores e interação dupla para outros. O tipo de interação variou de acordo com as variáveis analisadas e o quadro de resumo da ANAVA se encontra no APÊNDICE A, sendo as variáveis discutidas separadamente.

3.1 Análise sensorial

Ao avaliar aspectos sensoriais do café, a qualidade do produto é assegurada, trazendo oportunidades de agregação de valor e aumento de renda dos cafeicultores, pois demonstra que ali está uma bebida diferenciada. Avaliando os resultados, observou-se interações duplas, entre os fatores fermentação e tipos de processamentos, nos cafés armazenados em sacos de juta, após 12 meses de armazenamento (TABELA 1 DO APÊNDICE). Os testes de média se encontram na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados da análise sensorial dos cafés Robusta Amazônicos, do tipo Natural e CD, fermentado ou não fermentado, armazenados em sacos de juta, após 12 meses de armazenamento.

Juta 12 meses	Fermentado	Não fermentado
CD	76.65 aA	75.47 aB
Natural	77.45 aA	79.20 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Entre linhas, observa-se que a fermentação não influenciou, significativamente, nas pontuações finais, em ambos os tipos de processamento. Comparando entre colunas, observa-se que o café Natural apresentou maiores médias em relação ao CD, quando não submetido ao processo de fermentação, apresentando pontuação final de 79,20 pontos, ao final de 12 meses de armazenamento. Esses resultados indicam que o processamento Natural proporcionou maiores médias, quando não fermentados, em relação ao CD, quando armazenados em sacos de juta.

3.2 Massa específica

Em relação à massa específica dos grãos, ocorreu interação tripla entre os fatores estudados, para os cafés armazenados em embalagem de alta barreira, aos três e doze meses de armazenamento. Já para os grãos armazenados em sacos de juta, ocorreram interações duplas aos três e doze meses. Os testes de médias se encontram nas tabelas abaixo.

Tabela 3 - Resultados de massa específica (kg/m³) dos cafés Robusta Amazônicos, do tipo Natural e CD, fermentado ou não fermentado, em ambiente refrigerado ou armazém convencional, armazenado em embalagens de alta barreira, aos três meses de armazenamento.

Alta Barreira 3 meses	Fermentado		NF	
	10 °C	25 °C	10 °C	25 °C
CD	620.547 bA	637.566 aA	679.605 aA	646.227 bA
Natural	623.573 bA	639.944 aA	644.432 aB	639.430 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Para os cafés fermentados, observa-se que os cafés armazenados em armazém convencional apresentaram maiores médias, em relação aos cafés armazenados sob refrigeração, independentemente do tipo de processamento, nessas condições. Em relação aos cafés não fermentados, nota-se que os cafés CD, armazenados em ambiente refrigerado, apresentaram maiores valores de massa específica.

Comparando entre os cafés fermentados ou não, as médias se encontram na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados de massa específica (kg/m³) dos cafés Robusta Amazônicos, do tipo Natural e CD, fermentado ou não fermentado, em ambiente refrigerado ou armazém convencional, armazenado em embalagens de alta barreira, aos três meses de armazenamento.

Alta Barreira 3 meses	CD		Natural	
	10 °C	25 °C	10 °C	25 °C
Fermentado	620.547 B	637.566 A	623.573 B	639.430 A
Não fermentado	679.605 A	646.227 A	644.432 A	639.944 A

Médias seguidas de mesma não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Os cafés CD sob refrigeração apresentaram maiores médias, quando não submetidos à fermentação. O café CD fermentado apresentou média de 620.547 kg/m³ e o não fermentado 679.605 Kg/m³, sendo este superior àquele, estatisticamente.

Quando se analisa o café Natural, o comportamento é semelhante, ou seja, os cafés sob refrigeração, quando não submetidos à fermentação, apresentaram maiores valores de massa específica. Quando se compara os cafés armazenados em armazém convencional, não se observa diferenças estatísticas entre os tratamentos, independentemente do tipo de processamento.

Após doze meses de armazenamento, também ocorre interação entre os tratamentos. Os dados se encontram na Tabela 5.

Tabela 5 - Resultados de massa específica (kg/m³) dos cafés Robusta Amazônicos, do tipo Natural e CD, fermentado ou não fermentado, em ambiente refrigerado ou armazém convencional, armazenado em embalagens de alta barreira, aos doze meses de armazenamento.

Alta Barreira 12 meses	Fermentado		NF	
	10 °C	25 °C	10 °C	25 °C
CD	642.202 aA	637.533 aA	648.107 aA	666.190 aB
Natural	638.371 aA	650.984 aA	658.656 aA	638.290 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Ao final do período avaliado, não se observa diferenças estatísticas entre os tratamentos, com exceção do café CD armazenado em armazém convencional, não submetido à fermentação, que apresenta média de 666.190 kg/m³, sendo superior estatisticamente, ao café Natural submetido às mesmas condições.

Comparando entres os cafés fermentados ou não, observa-se o café CD não fermentado apresentou média superior ao fermentado, quando dispostos em armazém convencional. As demais médias não apresentaram diferenças estatísticas, nessas condições (TABELA 6).

Tabela 6 - Resultados de massa específica (kg/m^3) dos cafés Robusta Amazônicos, do tipo Natural e CD, fermentado ou não fermentado, em ambiente refrigerado ou armazém convencional, armazenado em embalagens de alta barreira, aos doze meses de armazenamento.

Alta Barreira 12 meses	CD		Natural	
	10 °C	25 °C	10 °C	25 °C
Fermentado	642.202 A	637.533 A	638.371 A	650.984 A
Não fermentado	648.107 A	666.190 B	658.656 A	638.290 A

Médias seguidas de mesma não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Em relação aos cafés armazenados em sacos de juta, observa-se interações duplas entres os fatores estudados. Analisando a interação entre os fatores tipo de processamento e fermentação, observa-se diferenças estatísticas entre os tratamentos. As respectivas médias se encontram na tabela abaixo.

Tabela 7 - Resultados de massa específica (kg/m^3) dos cafés Robusta Amazônicos, do tipo Natural e CD, fermentado ou não fermentado, armazenado em embalagens de juta, aos três meses de armazenamento.

Juta 3 meses	Fermentado	Não fermentado
CD	602.276 bA	648.162 aA
Natural	606.266 bA	624.690 aB

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Analisando-se os dados da Tabela 7, nota-se que, independentemente do tipo processamento, os cafés não fermentados apresentaram maiores médias, estatisticamente, aos fermentados, quando armazenados em sacos de juta, aos três meses. Comparando entre os diferentes processamentos, nota-se que, para os cafés fermentados, não houve diferenças estatísticas entre os cafés CD e Natural. Já para os cafés não fermentados, o café CD apresentou média superior (648.162 kg/m^3) ao café Natural (624.690 kg/m^3).

Analisando a interação entres os fatores fermentação e ambiente de armazenamento, as médias dos diferentes tratamentos se encontram na Tabela 8.

Tabela 8 - Resultados de massa específica (kg/m^3) dos cafés Robusta Amazônicos, fermentado ou não fermentado, em ambiente refrigerado ou armazém convencional, armazenado em embalagens de juta, aos três meses de armazenamento.

Juta 3 meses	10 °C	25 °C
Fermentado	617.842 aB	590.701 bB
Não fermentado	660.171 aA	612.681 bA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

De acordo com os resultados, observa-se que a refrigeração dos cafés promove uma manutenção dos compostos químicos presentes nos grãos, provavelmente pela redução das reações que ocorrem devido a redução da temperatura. Para os cafés fermentados, as médias foram 617.842 kg/m^3 e 590.701 kg/m^3 , respectivamente. Para os cafés não submetidos à fermentação os valores foram 660.171 kg/m^3 e 612.681 kg/m^3 . Esses resultados indicam que cafés armazenados em temperaturas menores apresentam maiores médias de massa específica dos grãos quando comparados aos cafés armazenados em armazém convencional, nas mesmas condições. O processo de fermentação faz com que compostos químicos presentes nos grãos de café sejam difundidos para o meio de fermentação, havendo conseqüentemente, a redução da massa específica.

Tabela 9 - Resultados de massa específica (kg/m^3) dos cafés Robusta Amazônicos, do tipo Natural e CD, em ambiente refrigerado ou armazém convencional, armazenado em embalagens de Juta, aos três meses de armazenamento.

Juta 3 meses	10 °C	25 °C
CD	640.646 aA	609.792 bA
Natural	637.367 aA	593.590 bA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Os cafés armazenados sob refrigeração apresentaram maiores médias de massa específica dos grãos, quando comparados aos cafés armazenados em armazém convencional, independentemente do tipo de processamento. Os cafés CD e Natural sob refrigeração apresentaram médias de 640.646 kg/m^3 e 637.367 kg/m^3 , respectivamente, sendo superiores, estatisticamente, às médias dos cafés armazenados em armazém convencional. Esses dados corroboram os resultados anteriores.

Ao final do período de armazenamento dos cafés em sacos de juta, observa-se duas interações duplas entre os fatores. Para a interação entre os fatores tipos de processamento e ambiente, as médias dos tratamentos se encontram na Tabela 10.

Tabela 10 - Resultados de massa específica (kg/m^3) dos cafés Robusta Amazônicos, do tipo Natural e CD, em ambiente refrigerado ou armazém convencional, armazenado em embalagens de juta, aos doze meses de armazenamento.

Juta 12 meses	10 °C	25 °C
CD	616.883 aB	595.414 bA
Natural	643.211 aA	599.077 bA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Assim como no período de 3 meses de armazenamento, os cafés armazenados durante 12 meses em sacos de juta e sob refrigeração, apresentam os maiores valores de massa específica, independentemente do tipo de processamento adotado. Os cafés CD e Natural, armazenados em ambiente refrigerado, apresentaram médias de 616.883 kg/m^3 e 643.211 kg/m^3 , respectivamente. Essas médias foram superiores estatisticamente, às médias dos cafés armazenados em armazém convencional, em ambos os processamentos. Esses resultados indicam que, mesmo após doze meses de armazenamento, os cafés refrigerados continuaram apresentando maiores médias de massa específica, independentemente do tipo de processamento.

Analisando a interação entre os diferentes tipos de processamento e a fermentação, também se observa diferenças estatísticas entre os tratamentos. As médias desses tratamentos se encontram na Tabela 11.

Tabela 11 - Resultados de massa específica (kg/m^3) dos cafés Robusta Amazônicos, do tipo Natural e CD, fermentado ou não, armazenado em embalagens de juta, aos doze meses de armazenamento.

Juta 12 meses	Fermentado	Não fermentado
CD	592.890 aB	609.408 aA
Natural	626.791 aA	615.497 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Analisando a fermentação, nota-se que não houve diferenças estatísticas ao final do período estudado, independentemente do tipo de processamento. Entre colunas, observa-se que o café Natural, quando fermentado, apresenta média superior ao café CD, quando armazenado em sacos de juta.

3.3 Condutividade elétrica

No que diz respeito à condutividade elétrica, nota-se que houve interação tripla entre os fatores estudados, para os cafés armazenados nas embalagens de juta, aos três meses de armazenamento. Os testes de média se encontram nas Tabelas 12 a 28.

Tabela 12 - Resultados de condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}\cdot\text{g}^{-1}$) de grãos de cafés Robusta Amazônicos, do tipo Natural e Cereja descascado, fermentados ou não fermentados, em ambiente refrigerado ou armazém convencional, armazenados em sacaria de juta, aos três meses de armazenamento.

Juta 3 meses	Fermentado		Não Fermentado	
	Natural	CD	Natural	CD
10°C	73,90 aA	107,60 bA	75,53 aA	109,44 bB
25°C	74,60 aA	104,74 bA	77,17 aA	80,30 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Os cafés Cereja descascados apresentaram maiores valores de condutividade elétrica, possivelmente pelos maiores danos ao café durante a retirada do pergaminho, quando comparados aos cafés de processamento Natural, independentemente da temperatura de armazenamento (TABELA 13). Para os fermentados, os cafés CD apresentaram média de $107,60 \mu\text{S}\cdot\text{cm}\cdot\text{g}^{-1}$ e $104,74 \mu\text{S}\cdot\text{cm}\cdot\text{g}^{-1}$, médias superiores ao Natural. Para os não fermentados, essas médias foram de $109,44 \mu\text{S}\cdot\text{cm}\cdot\text{g}^{-1}$ e $80,30 \mu\text{S}\cdot\text{cm}\cdot\text{g}^{-1}$, também superiores.

Comparando entre colunas, não se observa diferenças significativas promovidas pelo ambiente de armazenamento, com exceção do CD não fermentado armazenado sob refrigeração, que apresentou maiores índices de condutividade elétrica.

Em relação à fermentação, nota-se que não houve diferença estatística entre os diferentes tratamentos aos 3 meses de armazenamento, com exceção do café CD fermentado armazenado em ambiente convencional, o qual apresentou maiores índices de CE ($104,74$

$\mu\text{S.cm-1.g}^{-1}$), em relação ao não fermentado (TABELA 13). Esses resultados denotam que a fermentação do café, associada ao armazenamento em sacos de juta e temperatura ambientes, promoveram maiores danos celulares ao café.

Tabela 13 - Resultados de condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm-1.g}^{-1}$) de grãos de cafés Robusta Amazônicos, do tipo Natural e Cereja descascado, fermentados ou não fermentados, em ambiente refrigerado ou armazém convencional, armazenados em sacaria de juta, aos três meses de armazenamento.

Juta 3 meses	CD		Natural	
	10 °C	25 °C	10 °C	25 °C
Fermentado	107,60 A	104,74 B	73,90 A	74,60 A
Não fermentado	109,44 A	80,29 A	75,53 A	77,17 A

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Ao final do armazenamento, os cafés CD continuaram apresentando maiores valores de condutividade elétrica, independentemente do ambiente de armazenamento. Destaca-se que o café CD, ao final dos doze meses, apresentou média de $102,80 \mu\text{S.cm-1.g}^{-1}$, diferenciando-se, estatisticamente dos demais (TABELA 14).

Tabela 14 - Resultados de condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm-1.g}^{-1}$) de grãos de cafés robusta Amazônicos, do tipo Natural e Cereja descascado, em ambiente refrigerado ou armazém convencional, armazenados em sacaria de juta, aos doze meses de armazenamento.

Juta 12 meses	Natural	CD
10°C	84,85 aA	102,80 bA
25°C	86,79 aA	92,99 aA

Médias seguidas de mesma letra na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Analisando a influência da fermentação cafés armazenado em sacos de juta, aos doze meses, constatou-se que os cafés fermentados apresentaram menores valores de condutividade elétrica, diferenciando estatisticamente dos não fermentados, nessa condição. Os dados se encontram Tabela 15.

Tabela 15 - Resultados de condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}\cdot\text{g}^{-1}$) de grãos de cafés robusta Amazônicos, fermentado ou não, armazenados em sacaria de juta, aos doze meses de armazenamento.

Fermentação	Juta
Fermentado	82,35 A
Não Fermentado	99,86 B

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.
Fonte: Do autor (2023).

Em relação ao armazenamento em embalagens de alta barreira, observou-se interação tripla entre os fatores estudados, aos três meses de armazenamento (TABELA 16). Comparando os cafés fermentados e os não fermentados, nota-se que não houve diferenças estatísticas entre os diferentes tratamentos, com exceção do café fermentado, armazenado sob refrigeração, que apresentou média superior ao não fermentado.

Tabela 16 - Resultados de condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}\cdot\text{g}^{-1}$) de grãos de cafés robusta Amazônicos, do tipo CD ou Natural, fermentado ou não, em ambiente refrigerado ou armazém convencional, armazenados em embalagem de alta barreira, aos três meses de armazenamento.

Alta Barreira 3 meses	CD		Natural	
	10 °C	25 °C	10 °C	25 °C
Fermentado	110,42 B	78,93 A	70,20 A	64,33 A
Não fermentado	80,49 A	90,15 A	83,20 A	80,70 A

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.
Fonte: Do autor (2023).

Analisando entre os diferentes ambientes e tipos de processamentos (TABELA 17), também se observa que o café CD apresenta maior média, em relação ao Natural.

Tabela 17 - Resultados de condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}\cdot\text{g}^{-1}$) de grãos de cafés robusta Amazônicos, do tipo CD ou Natural, fermentado ou não, em ambiente refrigerado ou armazém convencional, armazenados em embalagem de alta barreira, aos três meses de armazenamento.

Alta Barreira 3 meses	Fermentado		Não Fermentado	
	Natural	CD	Natural	CD
10°C	70,21 aA	110,43 bB	83,21 aA	80,49 aA
25°C	64,33 aA	78 94 aA	80,70 aA	90,15 aA

Médias seguidas de mesma letra na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Quando se analisa o comportamento ao final do armazenamento, observa-se que o café não fermentado é que apresenta os maiores valores de condutividade elétrica quando armazenado sob refrigeração. No ambiente refrigerado, o café não fermentado apresentou média de $83,00 \mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$, diferenciando-se dos demais (TABELA 18).

Tabela 18 - Resultados de condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$) de grãos de cafés robusta Amazônicos, fermentado ou não, em ambiente refrigerado ou armazém convencional, armazenados em embalagem de alta barreira, aos doze meses de armazenamento.

	Fermentado	Não Fermentado
10°C	74,53 aA	83,00 bB
25°C	76,39 aA	76,93 aA

Médias seguidas de mesma letra na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Em relação aos diferentes tipos de processamento, nota-se que o café CD, quando fermentado, apresentou média de $79,02 \mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$, sendo superior ao Natural. Esses resultados corroboram os anteriores, no que diz respeito ao método de processamento. Em relação à fermentação, observa-se que o café Natural não fermentado apresentou média superior ao café fermentado, sendo $80,22 \mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ e $71,89 \mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$, respectivamente (TABELA 19).

Tabela 19 - Resultados de condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$) de grãos de cafés robusta Amazônicos, do tipo Natural ou CD, fermentado ou não, armazenados em embalagem de alta barreira, aos doze meses de armazenamento.

	Natural	CD
Fermentado	71,89 aA	79,02 bA
Não Fermentado	80,22 aB	79,70 aA

Médias seguidas de mesma letra na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

3.4 Lixiviação de potássio

Para aos valores de lixiviação de potássio, observa-se uma interação simples para o fator ambiente, nos cafés armazenados em sacos de juta, aos 3 meses de armazenamento. Os dados dos testes de médias se encontram na tabela abaixo (TABELA 20).

Tabela 20 - Resultados de lixiviação de potássio (ppm.g⁻¹) de grãos de cafés robusta Amazônicos, em ambiente refrigerado ou armazém convencional, armazenados em embalagem de Juta, aos três meses de armazenamento.

Ambiente	Juta – 3 meses
10°C	22,45 a
25°C	29,26 b

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Os cafés armazenados em armazém convencional, em sacos de juta, sem controle de temperatura, apresentaram maiores valores de lixiviação de potássio, aos três meses de armazenamento. Esse comportamento era esperado, devido a influência de altas temperaturas na deterioração dos grãos armazenados, em embalagens que permitem a troca com o ambiente.

Ao final de doze meses, houve uma interação tripla entre os fatores. O café Natural fermentado, mesmo na condição refrigerada, apresentou média de 31,32 ppm.g⁻¹, enquanto o café CD de 42,29, aos três meses. No armazém convencional, o comportamento foi semelhante, com média de 23,62 para o café Natural e média de 42,65 para o CD, diferenciando-se estatisticamente. Esses resultados indicam maiores valores de lixiviação de potássio, possivelmente pelo maior dano às membranas celulares do café CD, quando fermentado, independentemente da temperatura de armazenamento. Quando não submetidos à fermentação, as médias não apresentam diferenças estatísticas (TABELA 21).

Tabela 21 - Resultados de lixiviação de potássio (ppm.g⁻¹) de grãos de cafés robusta Amazônicos, do tipo Natural e CD, fermentados ou não, em ambiente refrigerado ou armazém convencional, armazenados em embalagem de Juta, aos três doze meses de armazenamento.

Juta 12 meses	Fermentado		Não Fermentado	
	Natural	CD	Natural	CD
10°C	31, 32 aB	42,29 bA	26,66 aA	27,22 aA
25°C	23,62 aA	42,65 bA	29,31 aA	26,88 aA

Médias seguidas de mesma letra na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Ainda em relação à Tabela 21, observa-se que o café Natural fermentado, armazenado em ambiente refrigerado, apresentou média de 31,32 ppm.g⁻¹, ao final de doze meses de armazenamento. Esse valor foi maior estatisticamente, do que as médias apresentadas pelos cafés armazenados em armazém convencional, nessas condições.

Isolando os diferentes tipos de processamento, observa-se que, para os cafés CD fermentados, os valores de lixiviação de potássio foram 42,29 ppm.g⁻¹ e 42,65 ppm.g⁻¹, em ambiente refrigerado e convencional, respectivamente. Em ambos os ambientes, essas médias foram superiores às médias dos cafés não submetidos à fermentação. Esses dados corroboram os anteriores, indicando que a fermentação pode ter contribuído para o aumento dos valores de lixiviação de potássio, para os cafés CD, independentemente da temperatura de armazenamento (TABELA 22).

Tabela 22 - Resultados de lixiviação de potássio (ppm.g⁻¹) de grãos de cafés robusta Amazônicos, do tipo Natural e CD, fermentados ou não, em ambiente refrigerado ou armazém convencional, armazenados em embalagem de Juta, aos doze meses de armazenamento.

Juta 12 meses	CD		Natural	
	10 °C	25 °C	10 °C	25 °C
Fermentado	42,29 B	42,65 B	31,32 A	23,62 A
Não fermentado	27,22 A	26,88 A	26,66 A	29,31 B

Médias seguidas de mesma letra na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Ainda na Tabela 22, analisando o processamento Natural, os resultados se mostram diferentes. Nota-se que não houve diferenças estatísticas no ambiente refrigerado, entre os cafés fermentados ou não (31,32 e 26,66). Já no armazém convencional o café fermentado apresentou média superior ao não fermentado. Esse resultado indica, ao contrário do que era esperado, que no processamento Natural os cafés fermentados apresentaram menores valores de lixiviação de potássio, aos doze meses de armazenamento (TABELA 22).

Para os cafés armazenados em embalagem de alta barreira, não ocorreram diferença significativas nos valores de lixiviação de potássio aos três meses de armazenamento. Contudo, ao final de doze meses, observa-se interação tripla entre os fatores. No que diz respeito aos cafés fermentados, observa-se que os cafés CD armazenados em armazém convencional apresentaram maiores valores de lixiviação de potássio (33,47 ppm.g⁻¹), diferenciando estatisticamente dos demais (TABELA 23). Esse mesmo comportamento foi observado para os cafés CD fermentados armazenados em sacos de Juta.

Tabela 23 - Resultados de lixiviação de potássio (ppm.g⁻¹) de grãos de cafés robusta Amazônicos, do tipo Natural e CD, fermentados ou não, em ambiente refrigerado ou armazém convencional, armazenados em embalagem de alta barreira, aos doze meses de armazenamento.

Alta Barreira 12 meses	Fermentado		Não Fermentado	
	Natural	CD	Natural	CD
10°C	27,22 aA	28,62 aA	25,53 aA	37,16 bB
25°C	25,73 aA	33,47 bB	27,66 aA	29,15 aA

Médias seguidas de mesma letra na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Em relação aos cafés não fermentados, nota-se que os cafés CD, mesmo armazenados em ambientes refrigerados, apresentaram as maiores médias (37,16 ppm.g⁻¹), também diferenciando-se dos demais (TABELA 23). Esse comportamento não foi observado para o café Natural.

Analisando a Tabela 24, observa-se que os cafés CD sob refrigeração, quando não submetidos à fermentação, apresentam maiores valores de lixiviação de potássio em relação aos cafés fermentados. Quando se analisa o comportamento em ambiente não refrigerado, o comportamento é diferente, ou seja, os cafés CD fermentados apresentam maiores médias. Essas diferenças não foram observadas no processamento Natural, corroborando os resultados anteriores.

Tabela 24 - Resultados de lixiviação de potássio (ppm.g⁻¹) de grãos de cafés robusta Amazônicos, do tipo Natural e CD, fermentados ou não, em ambiente refrigerado ou armazém convencional, armazenados em embalagem de alta barreira, aos doze meses de armazenamento.

Alta Barreira 12 meses	CD		Natural	
	10 °C	25 °C	10 °C	25 °C
Fermentado	28,62 A	33,47 B	27,22 A	25,73 A
Não fermentado	37,16 B	29,15 A	25,53 A	27,66 A

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de *Scott-Knott* a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

3.5 Análise de cor

No que diz respeito à coloração dos grãos, foram analisados os valores da coordenada *L*, a qual corresponde à luminosidade dos grãos. Aos três meses de armazenamento, houve uma interação dupla entre os fatores fermentação e ambiente, para os cafés armazenados em embalagem de alta barreira. As médias se encontram na Tabela 25.

Tabela 25 - Resultados da análise de luminosidade (coordenada *L*) de grãos de cafés Robusta Amazônicos, fermentados ou não, em ambiente refrigerado ou armazém convencional, armazenados em embalagem de alta barreira, aos três meses de armazenamento.

Alta Barreira 3 meses	Fermentado	Não Fermentado
10°C	44,22 aA	45,82 aA
25°C	46,44 aB	44,95 aA

Médias seguidas de mesma letra na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Analisando entre linhas, nota-se que não houve diferenças significativas entre os cafés fermentados ou não, independente do ambiente de armazenagem, aos três meses. Contudo, quando se analisa entre colunas, observa-se que os cafés fermentados armazenados em ambiente convencional apresentaram maiores valores de luminosidade, em relação aos cafés armazenados sob refrigeração. Esses resultados indicam que os cafés fermentados, quando armazenados em maiores temperaturas, apresentam maiores valores de luminosidade e, conseqüentemente, maior branqueamento dos grãos, para essas condições. Ao final do armazenamento, não houve interação entre os fatores estudados.

Já para o café armazenado em sacos de juta, observa-se uma interação dupla entre os fatores tipo de processamento e fermentação, além de uma interação simples para o fator ambiente. Para os cafés submetidos à fermentação, não se observa diferenças entre os diferentes processamentos. Já para os não fermentados, observa-se que os cafés CD apresentaram maiores médias em relação ao processamento Natural, sendo 45,20 e 43,49, respectivamente (TABELA 26). Comparando entre colunas, nota-se que o Natural, quando submetido à fermentação, apresentou maior média em relação ao não fermentado.

Tabela 26 - Resultados da análise de luminosidade (coordenada *L*) de grãos de cafés robusta Amazônicos, do tipo Natural ou CD, fermentados ou não, armazenados em embalagem de Juta, aos três meses de armazenamento.

Juta – 3 meses	Natural	CD
Fermentado	46,06 aB	45,04 aA
Não Fermentado	43,49 aA	45,20 bA

Médias seguidas de mesma letra na linha, e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Em relação aos diferentes ambientes de armazenamento, nota-se que os cafés armazenados em ambiente convencional apresentaram médias de 45,74. Já os cafés

armazenados sob refrigeração apresentaram médias de 44,16, sendo diferentes, estatisticamente (TABELA 27).

Tabela 27 - Resultados da análise de luminosidade (coordenada *L*) de grãos de cafés Robusta Amazônicos, em ambiente refrigerado ou armazém convencional, armazenados em embalagem de Juta, aos três meses de armazenamento.

Ambiente	Juta – 3 meses
10°C	44,16 a
25°C	45,74 b

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.
Fonte: Do autor (2023).

Esses resultados indicam que a temperatura de armazenamento contribuiu para o aumento dos valores da coordenado *L*, indicando maior branqueamento dos grãos, para os cafés armazenados em sacos de juta.

Ao final de doze meses, observa-se uma interação simples para o fator tipo de processamento. Os cafés CD apresentaram médias de 46,98, sendo superior estatisticamente, às médias dos cafés naturais (TABELA 28).

Tabela 28 - Resultados da análise de luminosidade (coordenada *L*) de grãos de cafés robusta Amazônicos, do tipo Natural e CD, armazenados em embalagem de Juta, aos doze meses de armazenamento.

Tipo	Juta – 12 meses
CD	46,98 b
NT	45,66 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.
Fonte: Do autor (2023).

Esse resultado indica que o processamento CD, como esperado, contribuiu para o aumento nos valores da coordenada *L*, indicando maior branqueamento dos grãos armazenados em sacos de juta, ao final de doze meses.

4 CONCLUSÕES

O tipo de processamento e a forma de armazenamento dos cafés Robusta Amazônicos afetam a qualidade do café ao longo do armazenamento.

Cafés Robusta Amazônicos quando submetidos ao processamento Cereja descascado, tendem a perder qualidade de forma mais acentuada do que os cafés Naturais.

Não se recomenda o armazenamento dos cafés Robusta Amazônicos em sacos de juta em temperatura ambiente.

REFERÊNCIAS

- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. “**Boletim de Safra de Café - 2022**”. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>. Acesso em: 10 maio 2023
- ESPÍNDULA, M.C. *et al.* **Robustas Amazônicas: os cafeeiros cultivados em Rondônia – Brasília, DF: Embrapa, 2022. 144 p. : il. color.**
- FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. *In: Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 45, 2000. Anais [...]* São Carlos, SP: SIB, p. 255- 258, 2000.
- FRANCISCO, J. da S. *et al.* Diterpenos em cafés *Coffea canéfora* híbridos naturais cultivados em Rondônia. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 1, p. 420-429, 2023.
- KRZYZANOWSKY, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A. A. Relatos dos testes de vigor disponíveis as grandes culturas. **Informativo ABRATES**, Brasília, v. 1, n. 2, p. 15-50, mar. 1991.
- NOBRE, G.W. **Alterações qualitativas do café Cereja descascado durante o armazenamento.** 2005. 135 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, 2005.
- PABIS, S.; JAYAS, D.S.; CENKOWSKI, S. **Grain drying: theory and practice.** [S.l.]: John Wiley & Sons, 1998.
- PRETE, C.E.C. **Condutividade elétrica do exsudato de grãos de café e sua relação com a qualidade da bebida.** 1992. 125 p. Thesis (PhD) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1992.
- SCAA. Specialty Coffee Association of America Coffee Cupping Form. Cupping Specialty Coffee. **Specialty Coffee Association of America Rev**, 2015.
- SCHWAN, R.; SILVA, C.; BATISTA, L. Coffee fermentation. **Handbook of plant-based fermented food and beverage technology**, 2012, p. 677-690.
- TRAN, T.; KIEU, M. *et al.* Efeitos da secagem nas propriedades físicas, compostos fenólicos e capacidade antioxidante da polpa úmida do café Robusta (*Coffea canephora*). **Heliyon**, v. 6, n. 7, p. e04498, 2020.
- UCDA. Uganda Coffee Development Authority. **Protocolos para a degustação do Robusta.** Londres, 2010.
- ZAREBSKA, M. *et al.* Comparison of chemical compounds and their influence on the taste of coffee depending on green beans storage conditions. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 1-12, 2022.

APÊNDICES

Análise de variância

Tabela 1 - Resumo das análises de variância dos resultados das avaliações dos cafés robusta Amazônicos, para o armazenamento em embalagem de alta barreira aos três (AB3) e doze (AB12) meses de armazenamento, e para armazenamento em sacos de juta aos três (J3) e doze (J12) meses: Nota final sensorial (NF), Massa Específica (ME), Condutividade Elétrica (CE), Lixiviação de Potássio (LK) e Luminosidade (coordenada *L*).

Resumo da Anava	Sensorial – Nota Final (NF)				Massa Específica (ME)				Condutividade elétrica (CE)				Lixiviação de Potássio (LK)				Coordenada <i>L</i>			
	AB3	AB12	J3	J12	AB3	AB12	J3	J12	AB3	AB12	J3	J12	AB3	AB12	J3	J12	AB3	AB12	J3	J12
Tipo																				*
Fermentação											*									
Ambiente															*				*	
T X F				*			*	*		*									*	
T X A							*	*				*								
F X A							*			*							*			
T X F X A					*	*			*		*			*		*				
CV	2,18	2,23	2,13	2,54	1,47	2,41	1,79	2,39	10,78	3,87	6,25	8,52	12,51	5,81	13,86	7,46	3,24	1,84	2,89	2,44

*: Significativo ($p > 0,05$); **: Muito significativo ($p > 0,01$).

Fonte: Do Autor (2023).

CAPÍTULO 4 REDUÇÃO DA TEMPERATURA PERMITE ARMAZENAGEM DE CAFÉ ROBUSTA AMAZÔNICO FERMENTADO EM EMBALAGEM POROSA OU HERMÉTICA

RESUMO

Neste estudo, investigou-se através de quimiometria, a influência de diferentes embalagens e temperaturas no armazenamento de cafés especiais Robusta Amazônicos, submetidos a diferentes processamentos (Natural e Cereja descascado) e fermentação. As amostras foram beneficiadas, dividindo-se em café Natural ou Cereja descascado, fermentado ou não fermentado. Os grãos, na sequência, embalados em embalagem porosa (juta) ou hermética (GP). Os sacos foram armazenados parte em temperatura controlada (10 °C) e parte em temperatura ambiente, no período de um ano, sendo retiradas amostras para análise a cada três meses. Para cada amostra, realizou-se a análise de espectrofotometria de infravermelho, que foram conjugadas através de análise de componentes principais e diagrama de *loadings*. Mostrou-se que o tempo de armazenamento influencia diretamente nos compostos químicos dos cafés Robusta Amazônicos. Além disso, todos os tratamentos (café Natural e café Cereja descascado, fermentados ou não) responderam de forma positiva ao armazenamento em temperatura controlada, mostrando manter compostos importantes para a qualidade do café no decorrer do tempo. Em cafés fermentados, pode-se utilizar ambos os tipos de embalagens, enquanto em cafés não fermentados o uso de embalagens impermeáveis é mais indicado.

Palavras chave: *Coffea canephora*. Tempo de armazenagem. Compostos fitoquímicos. Quimiometria.

ABSTRACT

In this study, the influence of different packaging and storage temperatures on Amazonian Robusta specialty coffees was investigated through chemometrics. The coffees were subjected to different processing methods (Natural and Pulped Natural) and fermentation. The samples were processed, dividing them into Natural or Pulped Natural, fermented or non-fermented. Subsequently, the beans were packed in porous (jute) or hermetic (GP) packaging. The bags were stored, with some kept at controlled temperature (10 °C) and others at room temperature, over one-year. Samples were taken for analysis every three months. For each sample, infrared spectrophotometry analysis was performed, and the results were combined through principal component analysis and loadings diagram. It was demonstrated that the storage time directly influences the chemical compounds of Amazonian Robusta coffees. Additionally, all treatments (Natural and Pulped Natural coffee, fermented or non-fermented) responded positively to storage at controlled temperature, showing the maintenance of important compounds for coffee quality over time. For fermented coffees, both types of packaging can be used, while for non-fermented coffees, the use of impermeable packaging is more recommended.

Keywords: *Coffea canephora*. Storage time. Phytochemical compounds. Chemometrics.

1 INTRODUÇÃO

A qualidade de grãos de café está diretamente relacionada pela sua composição química sendo responsável pelo desenvolvimento do sabor, aroma e cor característica da bebida, em razão da ampla interação química que ocorre durante a operação de torrefação (MALTA *et al.*, 2013). Dentre os constituintes químicos do café, destacam-se os ácidos, açúcares, lipídios, proteínas e aminoácidos que variam qualitativamente e quantitativamente, de acordo com condições edafoclimáticas, espécies e tipo de processamento pós-colheita, dentre outros, influenciando nas características e na qualidade final da bebida (BRIOSCHI *et al.*, 2021; OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Nesta perspectiva, técnicas analíticas, tais como a espectroscopia de infravermelho, a cromatografia gasosa e líquida e a ressonância magnética nuclear, são empregadas de forma a avaliar e compreender o perfil químico de cafés produzidos e processados em diferentes condições, correlacionando com a qualidade final do produto. Entretanto, a espectroscopia de infravermelho apresenta algumas vantagens por ser um método simples, rápido, não destrutiva e exige pouco preparo da amostra. Além disto, é uma técnica capaz de fornecer informações quantitativas de composição química e estrutural de moléculas nas fases líquida, sólida e gasosa (HAAS; MIZAIKOFF, 2016).

O princípio dessa técnica consiste na obtenção de informações resultantes da interação entre ondas eletromagnéticas e os constituintes da amostra (BARBIN *et al.*, 2014). A espectroscopia na região do infravermelho produzindo espectros de absorção, que resulta num feixe na região de infravermelho, que incide sobre a substância e determina as frequências absorvidas por ela (LEITE; PRADO, 2012). Às transições vibracionais e rotacionais associadas ao arranjo estrutural dos átomos fornece informações únicas por meio de um padrão espectral, permitindo assim a análise de vários tipos de moléculas orgânicas e inorgânicas (HAAS; MIZAIKOFF, 2016).

No café, a técnica vem sendo utilizada em grãos maduros e torrados para avaliar compostos químicos e controlar, por exemplo, o processo de torrefação (FIORESI *et al.*, 2021), avaliar a qualidade sensorial do café e relacioná-la com a composição química (RIBEIRO; FERREIRA; SALVA, 2011), discriminar as espécies *Coffea arabica* e *Coffea canephora* (ESTEBAN-DÍEZ *et al.*, 2007), avaliar cafés de diferentes origens e genótipos (MARQUETTI *et al.*, 2016) e avaliar métodos de fermentação em café robusta (OLIVEIRA *et al.*, 2020). Contudo, devido à complexidade dos dados, os espectros de infravermelhos são formados por

bandas largas e sobrepostas, dificultando a interpretação, sendo necessário, para tanto, o uso de técnicas quimiométricas para melhor visualização das informações.

A quimiometria surgiu em decorrência da necessidade de buscar novas e mais sofisticadas ferramentas para extrair informações de um grande número de dados químicos, de natureza multivariada, por meio da aplicação de métodos matemáticos, estatísticos e computacionais (SOUZA; POPPI, 2012). Na quimiometria existem diferentes subáreas com objetivos distintos como é o caso da calibração multivariada. O uso e aplicação da análise multivariada se refere à utilização de técnicas para a classificação e posterior previsão dos elementos observados em uma dada amostra em análise, para a organização ou separação simples entre grupos.

As análises de componentes principais (PCA) e análise de agrupamento hierárquicos (HCA), por exemplo, são técnicas de classificação comumente utilizadas para visualização de resultados em estudos das mais diversas áreas. A PCA é uma técnica da estatística multivariada que visa transformar um conjunto de variáveis originais em outro conjunto de variáveis de mesma dimensão, denominadas componentes principais. Este é um método importante na quimiometria e normalmente é utilizado para visualizar a estrutura de dados, encontrar semelhanças entre amostras e reduzir a dimensionalidade do conjunto de dados (SOUZA; POPPI, 2012).

Muitos trabalhos têm sido desenvolvidos a partir da associação de técnicas espectroscópicas e métodos de análises multivariada, representando ferramentas mais rápidas e robustas para determinação da qualidade de alimentos. Devido à grande importância que o café Robusta Amazônico vem apresentando no cenário nacional da cafeicultura, neste trabalho foram investigados diferentes embalagens e temperaturas do ar de armazenagem de cafés de diferentes processamentos e fermentação, avaliando os efeitos na qualidade associada a compostos químicos obtidos por espectroscopia de infravermelho médio.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização do experimento

Os cafés robustas, do tipo Natural e Cereja descascado, foram colhidos em lavouras do município de Brasilândia d'Oeste-RO, na propriedade da família do senhor Laerte Braun, nas proximidades da rodovia estadual RO-010. O material genético utilizado foi o clone 010. Parte dos cafés Natural e café Cereja descascado foi submetida ao processo de fermentação e outra parte não foi submetida à fermentação.

Para o processo de fermentação, os cafés Natural e o Cereja descascado foram colocados em caixas, adicionando água limpa e um inoculante com leveduras, utilizando a *Saccharomyces cerevisiae* (LALCAFÉ) como cultura iniciadora. O processo de fermentação durou 72 horas e, após esse período, os cafés foram submetidos à secagem Natural, em secadores do tipo 'terreiro suspenso'. O processo de secagem foi finalizado quando os grãos atingiram teores de água de 10 a 12%.

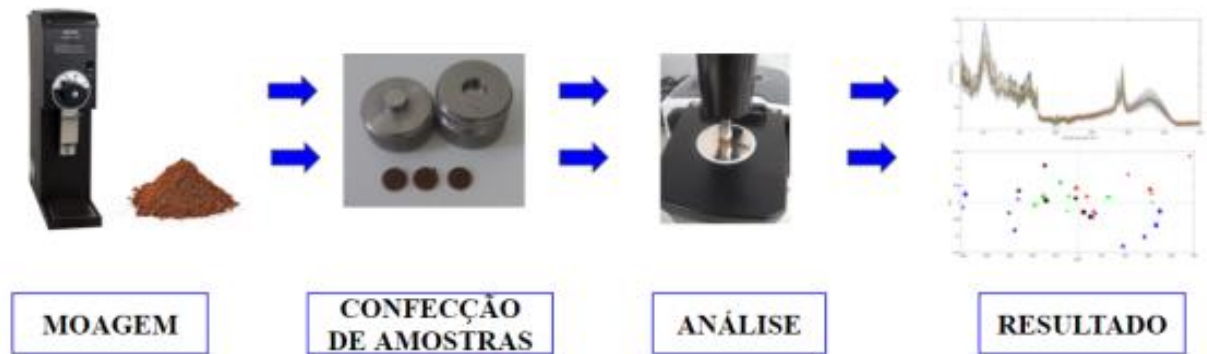
Em seguida, os cafés foram embalados e acondicionados em sacarias de juta ou em embalagens herméticas (GP) e armazenados em ambiente refrigerado, temperatura e umidade relativa controlada (média de 10 °C), ou em ambiente não controlado (média de 25 °C), por período de 12 meses. Destes tratamentos resultaram 16 parcelas experimentais: dois tipos de processamento (café Natural e café Cereja descascado); duas fermentações (com e sem fermentação); duas embalagens (GP e sacaria de juta); dois ambientes de armazenamento (controlado a 10 °C e não controlado). Antes do armazenamento e a cada três meses, durante o armazenamento, amostras foram retiradas, torradas, moídas e submetidas à análise química, por espectrofotometria de infravermelho médio.

2.2 Espectrofotometria de infravermelho médio

Espectros de infravermelho das amostras de café torrado e moído foram obtidos em espectrômetro modelo Cary 630 FTIR, do fabricante *Agilent Technologies*, num acessório ATR (*Attenuated Total Reflectance*) de diamante com ângulo de reflexão de 45°, 1 mm de diâmetro, 200 mm de área ativa e aproximadamente 2 mm de profundidade de penetração na amostra, utilizando um detector de reflectância de Seleneto de Zinco. O espectro registrado foi obtido como a média de oito varreduras consecutivas, com resolução de 4 cm⁻¹ na faixa de trabalho de

4000 a 630 cm^{-1} . Para cada amostra foram confeccionadas seis pastilhas, cada pastilha contendo 3 g de amostra, formada em prensa manual sem adição de brometo de potássio (KBr) (FIGURA 1) (TAVARES *et al.*, 2012).

Figura 1 - Fluxograma de análise de infravermelho.



Fonte: Do autor (2023).

2.3 Análise estatística dos espectros de infravermelho médio

Os espectros obtidos para as amostras de café, de cada tipo de processamento (Natural ou Cereja descascado), fermentados ou não fermentados e armazenados em diferentes condições (embalagem e temperatura do ar de armazenagem) foram analisados separadamente para cada tempo de armazenamento. Os dados foram organizados em uma matriz de formato X (I x J), onde cada linha corresponde a uma amostra e cada coluna a uma variável de número de onda, e cada repetição obtida foi considerada uma amostra. Todos os cálculos foram executados no software Matlab versão R2013a e Microsoft Excel versão 2016. Anteriormente à aplicação da quimiometria, aplicou-se aos conjuntos de dados, a correção do espelhamento multiplicativo (*MSC-Multiplicative Scatter Correction*). Os dados foram centrados na média e posteriormente submetidos à análise exploratória de PCA e diagrama de *loadings*.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises dos espectros obtidos para as amostras de café são apresentados, primeiramente, de forma conjunta para todos os tempos de armazenamento e, em seguida, de forma separada para cada tempo de armazenamento.

3.1 Resultados das análises de todas as épocas de armazenamento

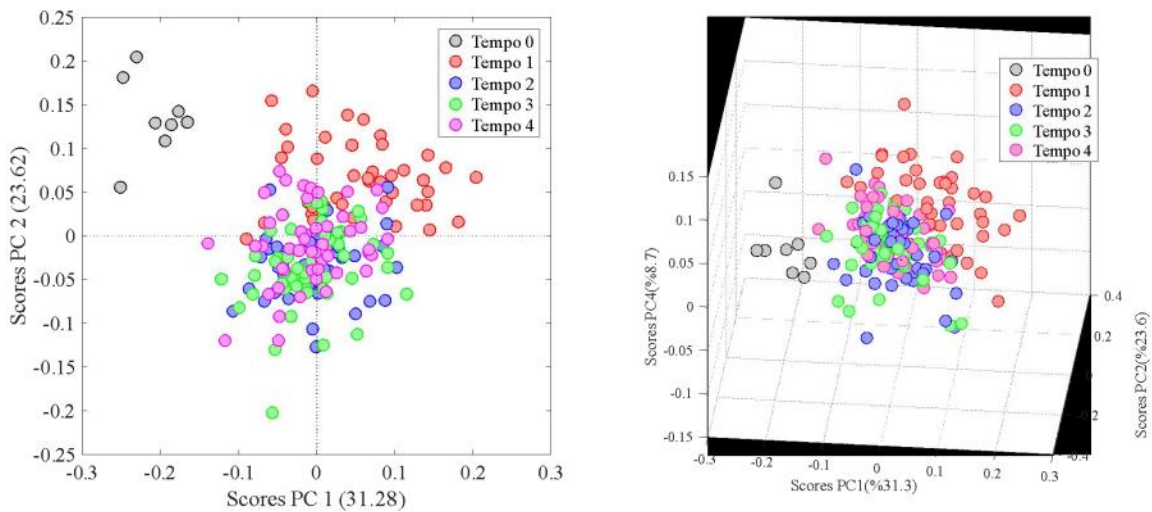
A análise de componentes principais dos resultados da espectrofotometria de infravermelho médio das amostras de todos os tempos de armazenamento dos cafés é apresentada na Figura 2A. A primeira componente principal foi responsável por explicar 31,28% da variância, enquanto a segunda componente explicou 23,62 %, ambas somam mais de 54,9% e foram responsáveis para separar as épocas de armazenamento. Observou-se que as amostras referentes ao tempo zero (sem armazenamento) se separaram dos demais tempos de armazenagem, sugerindo que há influência do tempo e das condições de armazenamento no perfil dos compostos fitoquímicos analisados. Também foi possível observar uma tendência de separação do tempo 1, dos demais tempos. Estes resultados demonstram que existe uma diferença nas características das classes químicas dos cafés submetidos as diferentes processamentos e condições de armazenagem.

No tempo zero, que corresponde ao início do armazenamento, os cafés ainda não tinham sofrido a influência dos diferentes tratamentos, ou seja, do tipo de embalagem e temperatura do ar. Alguns compostos presentes no grão de café, como taninos e ácidos fenólicos (e. g. ácido clorogênico e cafeoilquínico) podem se degradar de acordo com as condições de armazenamento, diferentes embalagens e temperaturas, o que explica a separação das características químicas desses cafés em relação aos demais (BASTIAN *et al.*, 2021). Além disso, as condições de armazenagem influenciam também no teor de acrilamida, um composto tóxico formado no início da torrefação, que comumente diminui no decorrer do tempo (HOENICKE; GATERMANN, 2015; SOARES; ALVES; OLIVEIRA, 2015).

Sabendo-se que a distribuição de amostras se deu de forma mais acentuada na primeira componente principal, no diagrama de *loadings* (FIGURA 2B) é possível observar a contribuição das variáveis na distribuição das amostras ao longo desta componente principal, sendo possível identificar quais são as faixas espectrais dentro do intervalo selecionado com maior peso, responsáveis pela separação do tempo zero, bem como a tendência da separação do

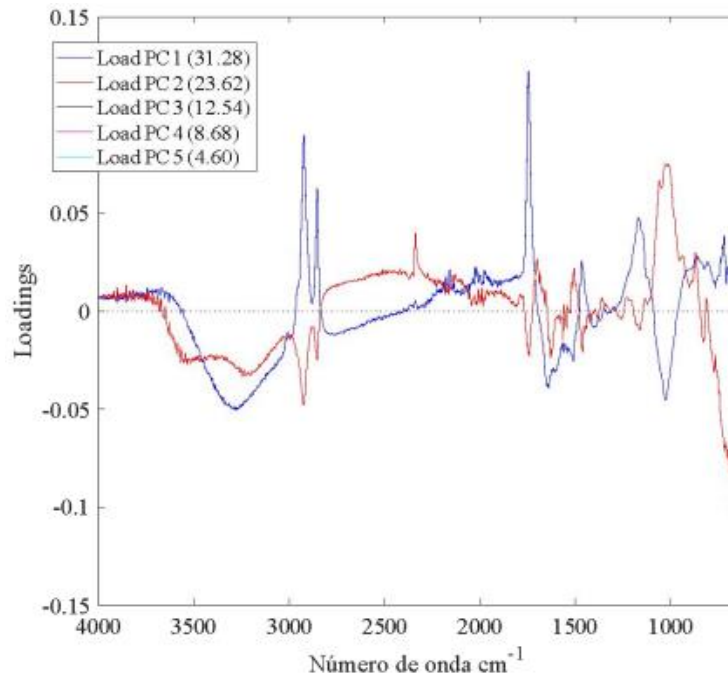
tempo 1, dos demais tempos. As diferenças na região espectral de 3000 a 2850 são típicas em amostras de café torrado e mostram diversidade no estiramento de alcanos, onde em 2962 e 2872 cm observa-se a deformação axial assimétrica e deformação axial simétrica do grupo metila (respectivamente) e em 2923 e 2854 cm observa-se os grupos metileno/caféina (REIS; FRANCA; OLIVEIRA, 2013).

Figura 2A - Análise de PCA dos espectros das amostras de café de todos os tempos de armazenamento.



Fonte: Do autor (2023).

Figura 2B - Diagrama de *loadings* dos espectros das amostras de café em todos os tempos de armazenamento.



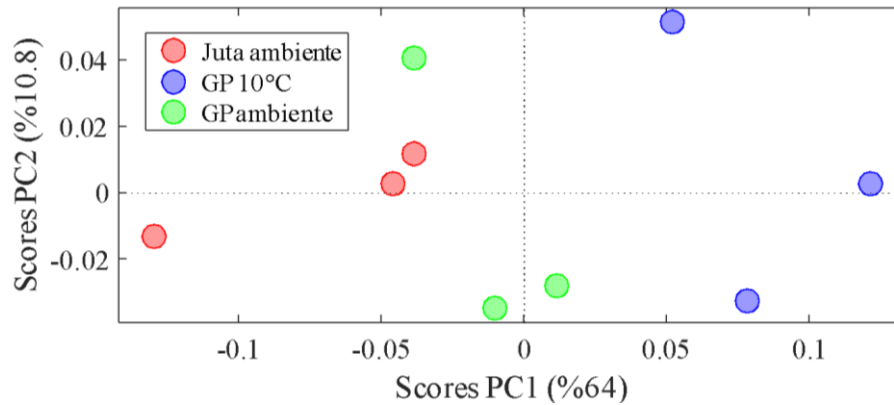
Fonte: Do autor (2023).

3.2 Resultados das análises do café armazenado por três meses

Em relação aos espectros das amostras avaliadas aos três meses de armazenamento, observa-se na Figura 3, que a PC1 explicou 64% da variância, enquanto a segunda componente explicou 10,8 %, somando mais de 74% e foram responsáveis pela separação das amostras. No processamento Natural do café, sem fermentação, o armazenamento em sacaria de juta e na hermética (GP), ambos em ambiente não controlado, se separaram dos grãos armazenados em hermética (GP) a 10 °C. A temperatura de armazenamento é um fator influenciador no teor de compostos fenólicos, uma vez que, em temperaturas mais altas, estes compostos podem ser degradados, o que sugere ter contribuído para explicar esta separação. Embora sejam considerados compostos termolábeis, é possível sua extração em temperaturas elevada (100 °C a 200 °C) (ANTONY; FARID, 2022). Em grãos de café arábica verdes armazenados a 20 °C, 30°C e 40°C, observou-se que a capacidade antioxidante, fator relacionado ao estresse oxidativo dos grãos, aumentava à medida que a temperatura aumentava, sendo recomendado estas condições de armazenamento em menor período (KIM *et al.*, 2019).

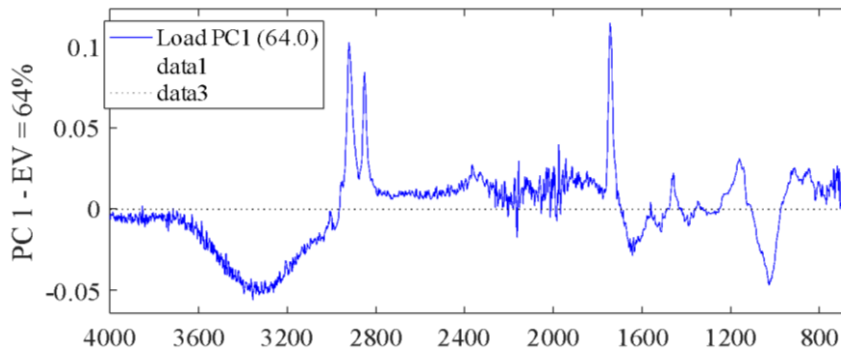
O gráfico de *loadings* (FIGURA 3B), permitiu observar quais são as variáveis que estão contribuindo para essa discriminação, sendo apresentadas diferenças nas faixas 1600-1800 cm^{-1} associada a carbonila C=O (ácidos clorogênicos). A decomposição do ácido clorogênico durante a torra através da reação de Maillard é responsável pela presença do ácido quínico, o qual, conjuntamente com o teor de cafeína, são os dois compostos responsáveis pelo amargor do café (MOON; SHIBAMOTO, 2010; TORRES, 2014). Os ácidos clorogênicos são do grupo de ácidos, sendo o ácido 5-cafeoilquínico (5-CQA) o mais numeroso (MARCUCCI *et al.*, 2013). Ademais, ele está relacionado à adstringência encontrada em bebidas de café, sendo considerado um defeito. Os tratamentos que se separaram, influenciados pela embalagem e temperatura de armazenamento, podem apresentar diferentes teores de ácido clorogênico, impactando na qualidade final da bebida.

Figura 3A - Análise de PCA dos espectros do café Natural não fermentado (sem outliers) aos três meses de armazenamento.



Fonte: Do autor (2023).

Figura 3B - Diagrama de *loadings* dos espectros das amostras do café Natural não fermentado aos três meses de armazenamento.



Fonte: Do autor (2023).

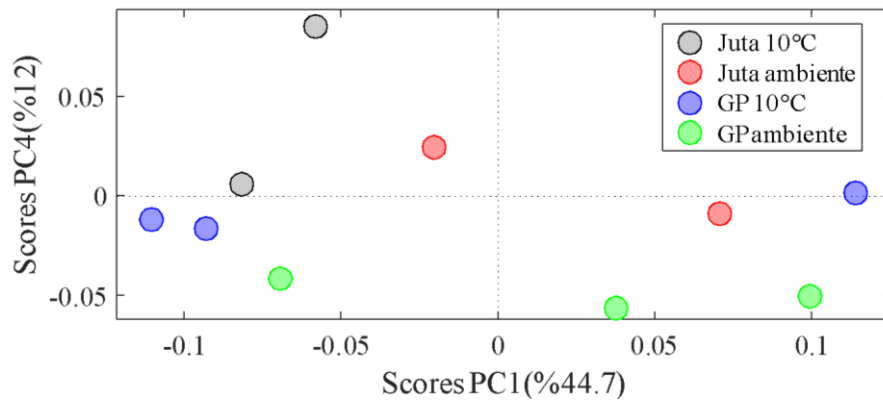
Após 3 meses de armazenagem, observa-se na Figura 4, que no processamento Natural fermentado, houve separação dos cafés armazenados em sacaria de juta em ambiente e hermética (GP) a 10 °C. Esses dados corroboram com os resultados encontrados para os cafés não submetidos ao processo de fermentação, indicando comportamento semelhante entre eles (FIGURA 3). A PC1 explicou 64% da variância, enquanto a segunda componente explicou 10,8 %, ambas somam mais de 74% e foram responsáveis pela separação das amostras.

Na Figura 4 A, percebe-se a separação dos cafés, não apenas em função do tipo de embalagem utilizada, mas também em função do efeito da temperatura de armazenagem. Sendo assim, verifica-se que houve diferenças também entre a embalagem de juta a 10 °C e juta a 25 °C, mostrando o efeito positivo da redução da temperatura de armazenagem na qualidade do café. A embalagem de juta permite maior troca gasosa com o meio, ao contrário da embalagem hermética (GP), que cria uma barreira impermeável aos gases e umidade não permitindo as reações de oxidação nem a perda ou ganho de umidade (DE SOUSA E SILVA et al., 2021). Além disso, após a fermentação, o café Natural perde umidade quando

acondicionado em sacaria de juta, sem controle de temperatura, podendo afetar a massa específica do café processado, uma vez que este é um produto altamente higroscópico (CORRÊA et al., 2010).

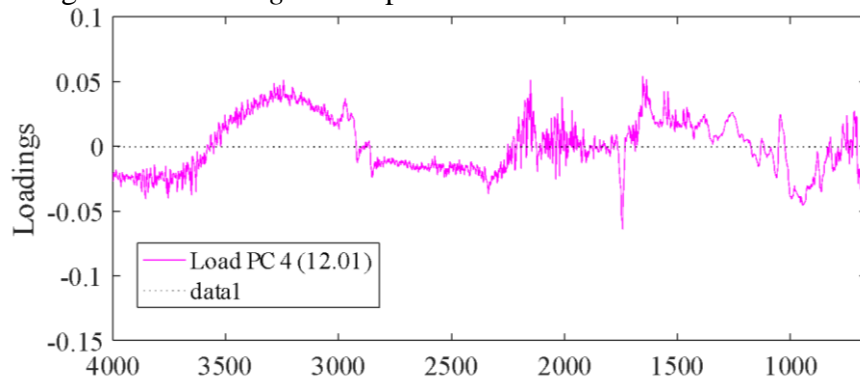
Observando o perfil de *loading* nesta etapa, ou seja, aos três meses de armazenamento (FIGURA 4B), verifica-se que no café Natural fermentado, alterações na faixa espectral de $3100 - 3500 \text{ cm}^{-1}$. Esta faixa é referente aos grupos hidroxilas e amina/amida, provavelmente presentes devido ao processamento de fermentação destas amostras. O grupamento hidroxila está relacionado a maior teor de álcool de açúcares, na carboxila de ácidos carboxílicos, ou presença de água (CHIANG et al., 2022). O grupamento amina, por sua vez, mostra o estiramento NH_2 do grupo amina, além de amidas, compostos presentes em aminoácidos e proteínas (ALKENANI; SALEH, 2022).

Figura 4A - Análise de PCA dos espectros do café Natural fermentado aos três meses de armazenamento.



Fonte: Do autor (2023).

Figura 4B - Diagrama de *loadings* dos espectros das amostras do café Natural fermentado.

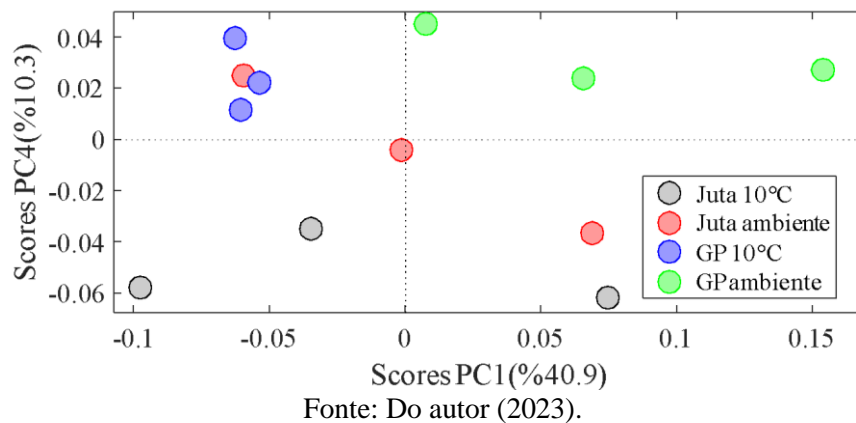


Fonte: Do autor (2023).

Em relação ao café Cereja descascado não fermentado, observa-se separação quando armazenados em hermética (GP) ambiente e hermética (GP) 10 °C (FIGURA 5). A PC1 explicou 40,9% da variância, enquanto a segunda componente explicou 10,3 %, ambas somam mais de 51,2, % e foram responsáveis pela separação das amostras.

Essa separação pode ser explicada pela influência da temperatura na armazenagem de cafés em embalagens hermética (GP). SOUSA (2020) observou que temperaturas amenas podem desacelerar o processo deteriorativo de grãos de café, promovendo menores índices de lixiviação de potássio e extravasamento de solutos das células, reduzindo a perda de compostos químicos. Essas diferenças podem explicar diferentes resultados na análise sensorial e, conseqüentemente, na qualidade final da bebida.

Figura 5 - Análise de PCA dos espectros do café Cereja descascado aos três meses de armazenamento.



Observando a análise de componentes principais dos espectros do café Cereja descascado e fermentado, vê-se que a PC1 explicou 51,4% da variância, enquanto a segunda componente explicou 22,9%, ambas somam mais de 74,3, % e foram responsáveis pela separação das amostras (FIGURA 6A). Neste período de armazenamento, esse café apresenta menor afinidade aos demais tratamentos quando armazenado em Juta 10 °C, principalmente em relação ao café armazenado em embalagem hermética (GP) 10°C. A juta é uma embalagem permeável a gases e vapores e para café arábica Cereja descascado foi observado maior grau de umidade e menor teor de açúcares no decorrer do tempo, nos estudos de Nobre (2005).

No diagrama de *loadings* (FIGURA 6B) foi possível observar quais são variáveis que contribuíram para a separação das condições de armazenagem dos cafés, em diferentes embalagens e temperaturas, sendo apresentadas diferenças nas faixas 1600-1800 cm^{-1} associada a carbonila C=O (ácidos clorogênicos) e nas faixas 3000 – 2850, relacionada ao estiramento de

alcanos. A ausência da casca no momento de secagem, no café Cereja descascado, assim como a fermentação, podem ser o motivo do maior teor destes compostos químicos. Este processamento se mostrou positivo neste tempo de armazenamento, uma vez que alcanos juntamente com ácido clorogênico estão relacionados a compostos voláteis superiores em bebidas de qualidade (SUNARHARUM; WILLIAMS; SMYTH, 2014).

Figura 6A - Análise de PCA dos espectros do café Cereja descascado fermentado aos três meses de armazenamento.

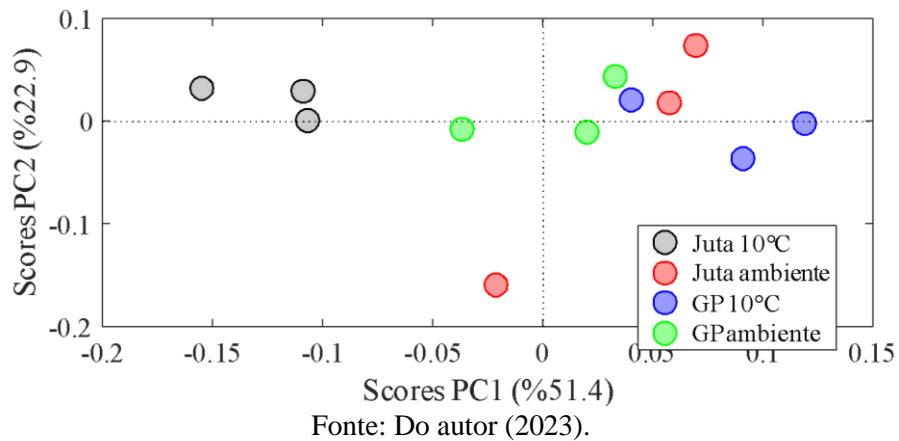
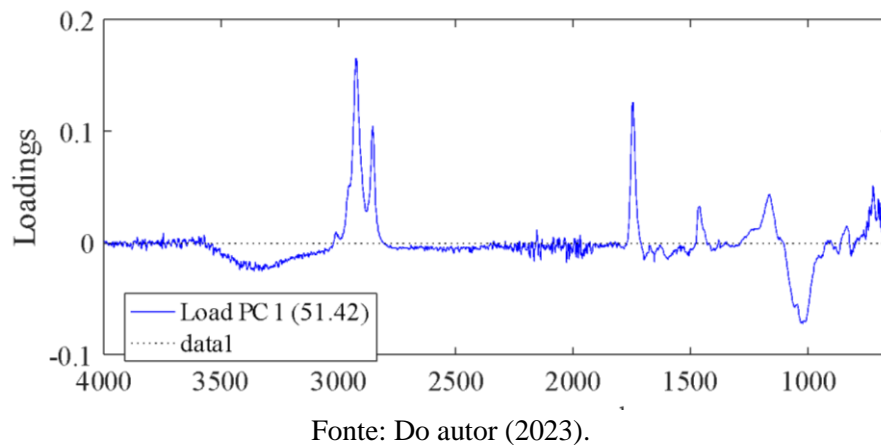


Figura 6B - Diagrama de *loadings* dos espectros das amostras do café Cereja descascado fermentado.

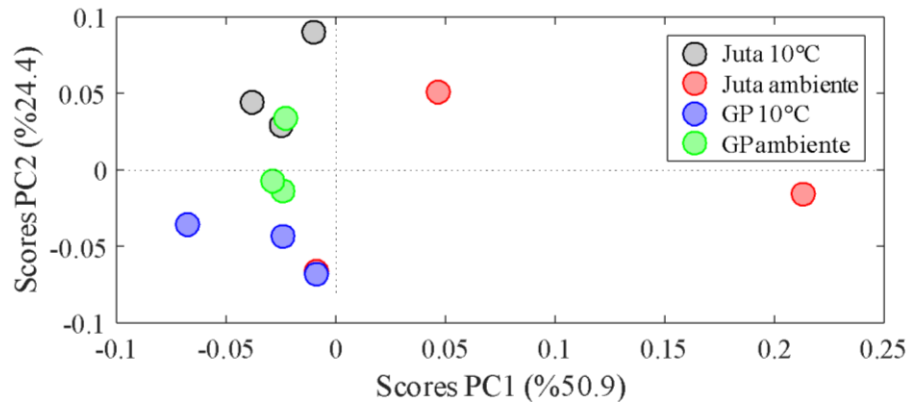


3.3 Resultados das análises do café armazenado por seis meses

Na terceira época de armazenamento, aos seis meses, não houve separação clara dos diferentes tratamentos para o processamento Natural. No entanto, para o processamento Natural fermentado, os cafés armazenados em sacaria de juta e 10 °C, em embalagem hermética (GP) a 10 °C e embalagem hermética (GP) ambiente se agruparam e os armazenados em juta ambiente apresentaram tendência de separação das demais amostras. A PC1 explicou 50,9% da

variância, enquanto a segunda componente explicou 24,4 %, ambas somando mais de 75,3, % e foram responsáveis pela separação das amostras (FIGURA 7). Embora o armazenamento em juta seja vantajoso por ser uma embalagem mais resistente a perfurações (DE SOUSA E SILVA *et al.*, 2021), a permeabilidade afeta a qualidade de café Natural com o tempo, independente de fermentação, trazendo aspectos negativos quanto à coloração e teor de ácidos graxos (CORADI; BORÉM; OLIVEIRA, 2008).

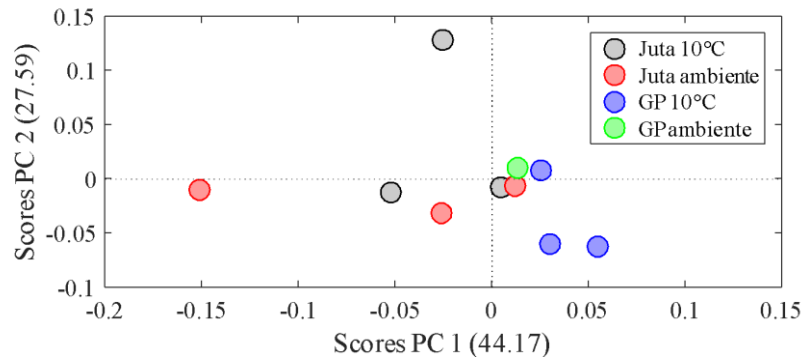
Figura 7 - Análise de PCA dos espectros do café Natural fermentado aos seis meses de armazenamento.



Também não foi possível observar separação das amostras de café do processamento Cereja descascado. Quanto ao processamento Cereja descascado fermentado (FIGURA 8) houve separação dos armazenados em embalagem hermética (GP) a 10 °C, dos demais tratamentos. Além disso, as amostras armazenadas em sacaria de juta, independentemente da temperatura, mostraram tendência em se separarem dos demais tratamentos. A PC1 explicou 44,17% da variância, enquanto a segunda componente explicou 27,59 %, ambas somam mais de 71,76 % e foram responsáveis pela separação das amostras.

O armazenamento de café no Brasil, principalmente da espécie *C. arabica*, é comumente realizado em sacaria de juta e sem controle das variáveis ambientais (BORÉM *et al.*, 2013). Contudo, observa-se nos resultados deste estudo, que o armazenamento de café robusta Cereja descascado e fermentado, utilizando-se saco de juta, mesmo com temperatura controlada, não apresenta diferenças dos cafés armazenados neste mesmo tipo de embalagem e armazenados a temperatura ambiente.

Figura 8 - Análise de PCA dos espectros do café Cereja descascado fermentado aos seis meses de armazenamento.



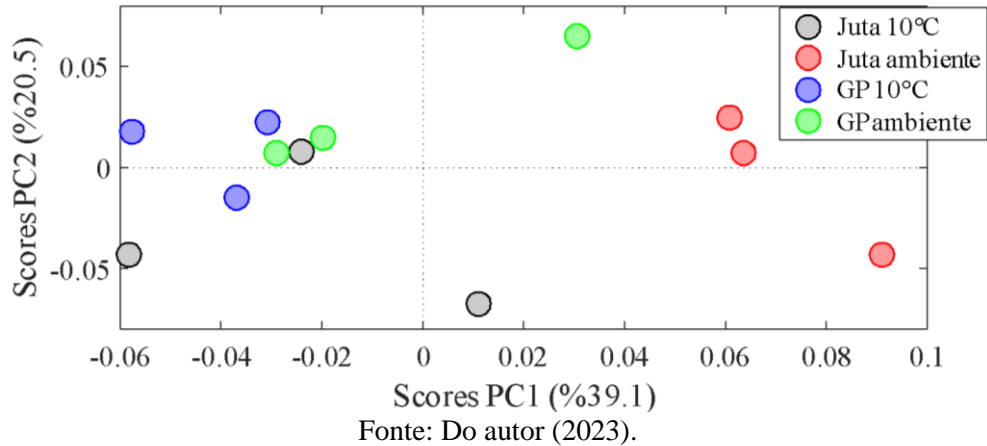
Fonte: Do autor (2023).

3.4 Resultados das análises do café armazenado por nove meses

Na análise do café Natural armazenado por 9 meses, observa-se que o tratamento sacaria de juta em ambiente se separou dos demais tratamentos (FIGURA 9). Os tratamentos sacaria de juta em 10 °C e em embalagem hermética (GP) a 10 °C também se separaram dos demais. A PC1 explicou 39,1% da variância, enquanto a segunda componente explicou 20,5%, ambas somam mais de 59,6 % e foram responsáveis pela separação das amostras.

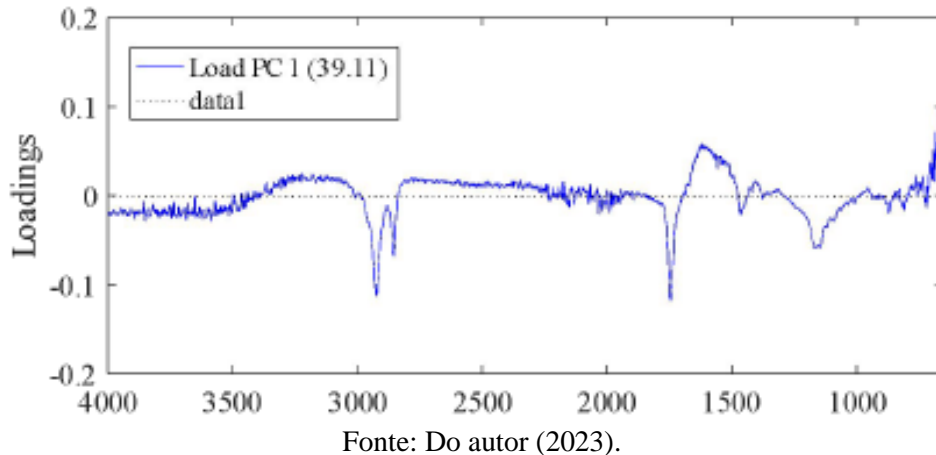
Em condições de armazenamento semelhantes ao utilizado neste estudo, café arábica proveniente do processamento Natural apresentou maior nota final na análise sensorial e aroma, aos 9 meses de armazenamento, quando armazenados em condições de embalagem impermeável e de baixa temperatura (10 °C) (BŁASZKIEWICZ *et al.*, 2023). Nesse mesmo estudo, quando armazenados em sacaria de juta em temperatura ambiente, esses cafés tiveram menor desempenho sensorial. Os autores observaram que em períodos longos de armazenamento, os compostos voláteis foram perdidos e houve aumento na concentração de ácidos graxos livres, principalmente quando armazenados em sacaria de juta em temperatura ambiente (BŁASZKIEWICZ *et al.*, 2023).

Figura 9A - Análise de PCA dos espectros do café Natural aos nove meses de armazenamento.



Aldeídos estão ligados à qualidade aromática do café, uma vez que durante a torra estes compostos podem ser gerados durante a degradação de lipídeos, podendo também, posteriormente, gerar ácidos fenólicos (NONIER *et al.*, 2006). O diagrama de *loadings* (FIGURA 9B) mostrou inversão dos picos na faixa de 2850 – 2720 cm^{-1} e 1740 – 1725 cm^{-1} , definidas como áreas de presença de deformação axial da ligação C-H de aldeído e estiramento de C=O de aldeídos (SILVERSTEIN; WEBSTER; KIEMLE, 2006). Assim, sugere-se que neste período de armazenamento, estes cafés estariam com menor teor de aldeídos, o que pode prejudicar o aroma final da bebida.

Figura 9B - Diagrama de *loadings* dos espectros das amostras do café Natural.

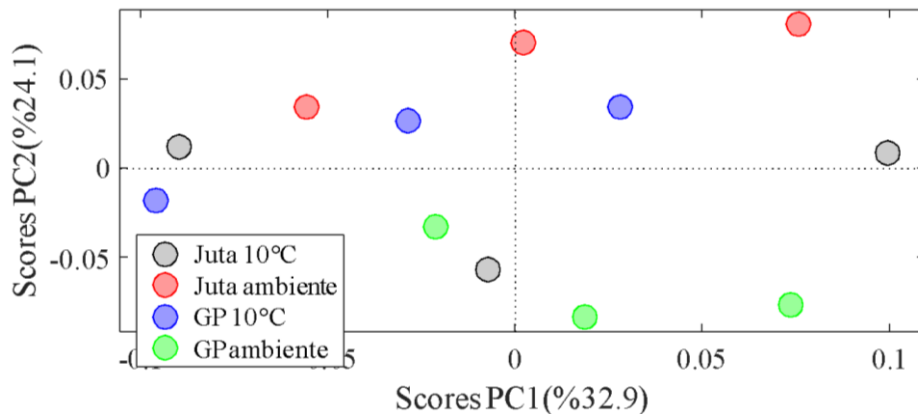


No processamento Natural fermentado, observa-se que não houve separação evidente dos tratamentos (FIGURA 10). A PC1 explicou 32,9% da variância, enquanto a segunda componente explicou 24,1 %, ambas somam mais de 57,0 % para a separação dos tratamentos.

Alterações nos compostos químicos são inevitáveis na estocagem de cafés, independentemente da espécie, sendo a intensidade e velocidade definidas pelas condições de

armazenamento (DE SOUSA E SILVA *et al.*, 2021). Cafés do processamento Natural não fermentados tendem a ser mais sensíveis às alterações químicas (BÓREM *et al.*, 2021), o que justifica os resultados encontrados neste estudo.

Figura 10A - Análise de PCA dos espectros do café Natural fermentado aos nove meses de armazenamento.

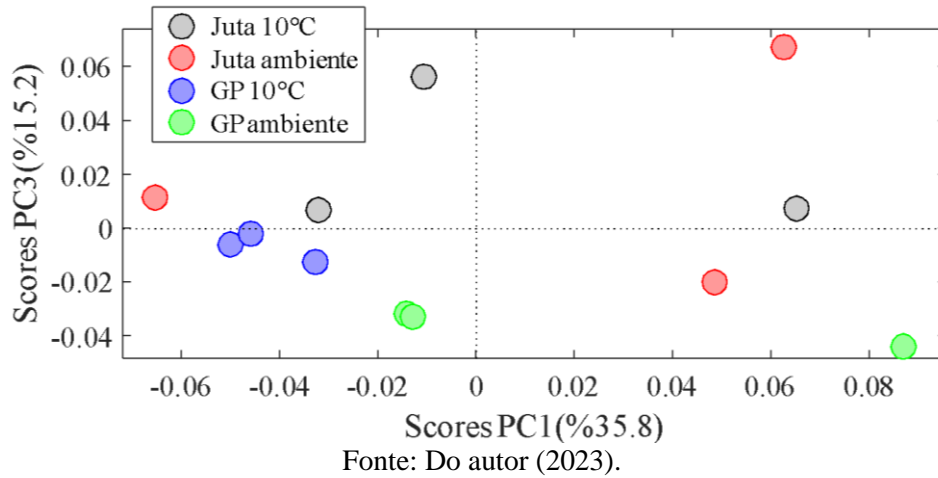


Fonte: Do autor (2023).

Para o café Cereja descascado, o tratamento GP em 10 °C se separou dos demais tratamentos (FIGURA 11). A PC1 explicou 35,8% da variância, enquanto a segunda componente explicou 15,2%, ambas somando mais de 51,0% e foram responsáveis pela separação das amostras. Já para o processamento Cereja descascado fermentado não foi possível observar qualquer separação dos tratamentos neste período de armazenamento (resultados não mostrados).

A embalagem hermética (GP) é feita de polímero impermeável à gases e vapores, o que permite o isolamento do café armazenado do meio externo. Essas condições favorecem o armazenamento em prazos maiores, principalmente se aliadas a temperaturas mais amenas, por diminuir a oxidação lipídica primária e secundária, além de manter o teor de umidade e atividade da água em níveis adequados (AUNG MOON *et al.*, 2022). O processamento Cereja descascado permite melhores aspectos sensoriais, principalmente relacionado ao aroma, uma vez que não apresenta aromas como de tabaco, madeira ou cinza (SILVA *et al.*, 2004). Assim, os compostos associados à qualidade do café estariam mais bem preservados aos 9 meses com a utilização de embalagem impermeável hermética.

Figura 11 - Análise de PCA dos espectros do café Cereja descascado aos nove meses de armazenamento.

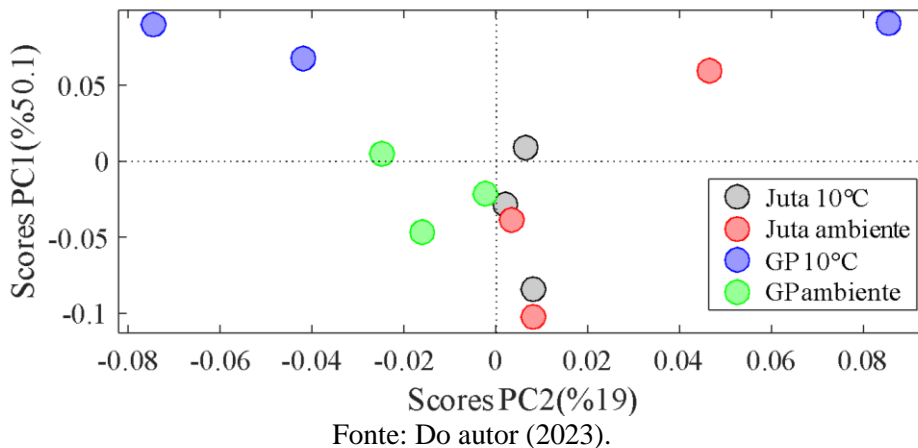


3.5 Resultados das análises do café armazenado por doze meses

Após um ano de armazenamento, observa-se para o processamento Natural, a separação dos cafés armazenados em sacaria juta, daqueles armazenados em embalagem hermética (GP) (FIGURA 12). A PC1 explicou 19,0% da variância, enquanto a segunda componente explicou 50,1%, ambas somam mais de 69,1 % e foram responsáveis pela separação das amostras.

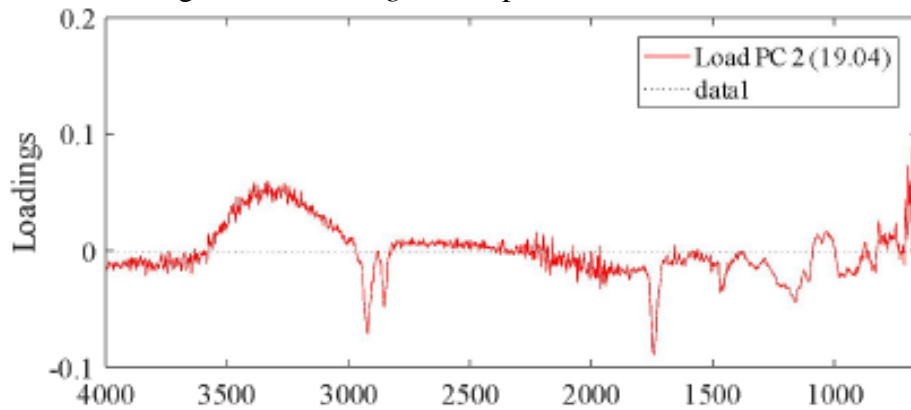
Embalagens que preservem o teor de umidade em níveis corretos são interessantes para a preservação da qualidade do café, uma vez que ácidos fenólicos como o ácido clorogênico são em sua maioria compostos hidrofílicos (PINHEIRO *et al.*, 2021). Tal prática preserva também a qualidade da bebida, aumentando os scores nas análises sensoriais. Assim, a embalagem hermética (GP) mostra ser mais vantajosa em armazenamentos por períodos mais longos.

Figura 12A -Análise de PCA dos espectros do café Natural aos doze meses de armazenamento.



Como já observado nas épocas de armazenamentos anteriores, ao observar o diagrama de *loadings* aos doze meses, verifica-se que houve interações negativas em pontos ligados aos aldeídos (FIGURA 12B). No entanto, após um ano de armazenamento, observa-se também picos na região de produção de aminas. Estes compostos podem ter atividade antioxidante, contudo, podem também interferir na qualidade e segurança no consumo do café (RESTUCCIA *et al.*, 2015).

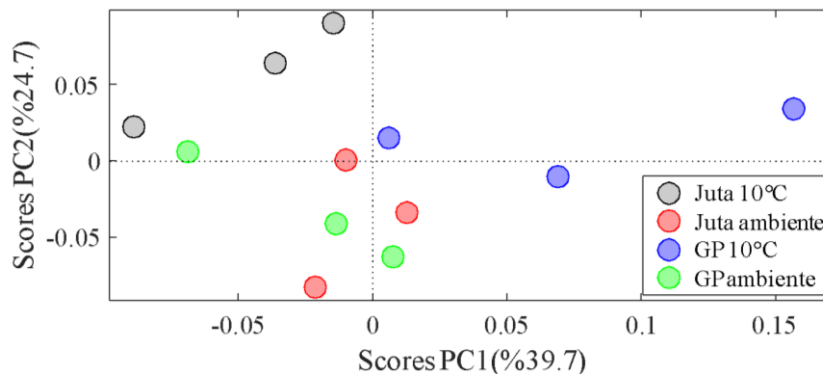
Figura 12B - Diagrama de *loadings* dos espectros das amostras do café Natural.



Fonte: Do autor (2023).

No processamento Natural fermentado, quando armazenado em embalagem hermética (GP) 10 °C foi observada uma tendência de separação dos demais tratamentos. A PC1 explicou 39,7% da variância, enquanto a segunda componente explicou 24,7%, ambas somam mais de 64,4% e foram responsáveis pela separação das amostras. Estes resultados reforçam a tendência observada neste trabalho, onde a fermentação possibilitou o uso de embalagens do tipo impermeável ou permeável, desde que a temperatura de armazenamento se mantenha em 10 °C.

Figura 13 - Análise de PCA dos espectros do café Natural fermentado aos doze meses de armazenamento.



Fonte: Do autor (2023).

Para os processamentos Cereja descascado e Cereja descascado fermentado não foi possível observar separação dos tratamentos (embalagem e temperaturas), mostrando que aos 12 meses de armazenamento as características químicas e bioquímicas de café robusta proveniente deste tipo de processamento são semelhantes.

4 CONCLUSÕES

Para as condições do estudo realizado, conclui-se que:

O tempo de armazenamento promove mudanças nos compostos químicos de cafés Robusta Amazônicos, em diferentes condições de embalagem, temperatura e processamento;

Para café do tipo Natural, a embalagem do tipo hermética (GP), em temperatura 10 °C foi a mais indicada, por manter compostos importantes nos cafés embalados por maiores períodos;

Para café do tipo Natural e fermentado, recomenda-se o uso de temperatura de armazenamento a 10 °C, sendo possível o uso tanto de embalagem permeável ou impermeável;

Para café do tipo Cereja descascado, até os 9 meses de armazenamento, o uso de embalagem hermética (GP) em temperatura 10 °C foi a mais indicada, embora, aos 3 meses, o embalamento hermético tenha sido favorável, independentemente da temperatura;

Para café do tipo Cereja descascado fermentado, armazenamentos por longo período, não há diferenças quanto a temperatura ou embalagem escolhida, contudo, o uso de juta ou embalagem hermética (GP) é indicado até 6 meses, desde que em temperatura de 10 °C.

REFERÊNCIAS

- ALKENANI, A.; SALEH, T.A. Synthesis of amine-modified graphene integrated membrane as protocols for simultaneous rejection of hydrocarbons pollutants, metal ions, and salts from water. **Journal of Molecular Liquids**, v. 367, p. 120291, 2022.
- ANTONY, A.; FARID, M. Effect of temperatures on polyphenols during extraction. **Applied Sciences**, v. 12, n. 4, p. 2107, 2022.
- AUNG MOON, S. *et al.* Lipid oxidation changes of Arabica green coffee beans during accelerated storage with different packaging types. **Foods**, v. 11, n. 19, p. 3040, 2022.
- BARBIN, D.F. *et al.* Application of infrared spectral techniques on quality and compositional attributes of coffee: An overview. **Food Research International**, v. 61, p. 23-32, 2014.
- BASTIAN, F. *et al.* From plantation to cup: Changes in bioactive compounds during coffee processing. **Foods**, v. 10, n. 11, p. 2827, 2021.
- BŁASZKIEWICZ, J. *et al.* Effect of green and roasted coffee storage conditions on selected characteristic quality parameters. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 6447, 2023.
- BORÉM, F.M. *et al.* Evaluation of the sensory and color quality of coffee beans stored in hermetic packaging. **Journal of Stored Products Research**, v. 52, p. 1-6, 2013.
- BORÉM, F.M. *et al.* Volatile compounds indicating latent damage to sensory attributes in coffee stored in permeable and hermetic packaging. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 29, p. 100705, 2021.
- BRIOSCHI, D. *et al.* Microbial fermentation affects sensorial, chemical, and microbial profile of coffee under carbonic maceration. **Food Chemistry**, v. 342, p. 128296, 2021.
- CHIANG, K-Y *et al.* The dielectric function profile across the water interface through surface-specific vibrational spectroscopy and simulations. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 119, n. 36, p. e2204156119, 2022.
- CORADI, P.C.; BORÉM, F.M.; OLIVEIRA, J.A. Qualidade do café Natural e despulpado após diferentes tipos de secagem e armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, p. 181-188, 2008.
- CORRÊA, P.C. *et al.* Hygroscopic equilibrium and physical properties evaluation affected by parchment presence of coffee grain. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 3, p. 694-702, 2010.
- DE SOUSA E SILVA, Juarez *et al.* Harvesting, Drying and Storage of Coffee. Quality Determinants in Coffee Production, p. 1-64, 2021.
- ESTEBAN-DÍEZ, I. *et al.* Coffee varietal differentiation based on near infrared spectroscopy. **Talanta**, v. 71, n. 1, p. 221–229, 2007.

- FERREIRA, T. *et al.* Introduction to coffee plant and genetics. 2019.
- FIORESI, D.B. *et al.* Mid infrared spectroscopy for comparative analysis of fermented arabica and robusta coffee. **Food Control**, v. 121, p. 107625, 2021.
- HAAS, J.; MIZAIKOFF, B. Advances in mid-infrared spectroscopy for chemical analysis. **Annual Review of Analytical Chemistry**, v. 9, p. 45-68, 2016.
- HOENICKE, K.; GATERMANN, R. Studies on the stability of acrylamide in food during storage. **Journal of AOAC International**, v. 88, n. 1, p. 268-273, 2005.
- KIM, I. *et al.* Physicochemical and antioxidant activity changes during storage of green coffee beans according to temperature and relative humidity. **J Korean Soc Food Sci Nutr.**, v. 8, n. 2, p. 223-230, 2019.
- LEITE, D. de O.; PRADO, R.J. Espectroscopia no infravermelho: uma apresentação para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 2, p. 1-9, 2012.
- MARCUCCI, C.T.; BENASSI, M.T.; ALMEIDA, M.B.; NIXDORF, S.L. Teores de Trigonelina, ácido 5- cafeolquínico, cafeína e melanoidinas em cafés solúveis comerciais brasileiros. **Química Nova**, v. 36, n. 04, p. 544-548, 2013.
- MARQUETTI, I. *et al.* Partial least square with discriminant analysis and near infrared spectroscopy for evaluation of geographic and genotypic origin of arabica coffee. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 121, p. 313-319, 2016.
- MOON, J-K.; SHIBAMOTO, T. Formation of volatile chemicals from thermal degradation of less volatile coffee components: quinic acid, caffeic acid, and chlorogenic acid. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 9, p. 5465-5470, 2010.
- NONIER, M.F. *et al.* Pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry of *Quercus* sp. wood: Application to structural elucidation of macromolecules and aromatic profiles of different species. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 75, n. 2, p. 181–193, 2006.
- OLIVEIRA, E.C. da S. *et al.* Espectroscopia de infravermelho para estudo de café conilon fermentado. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 19248–19259, 2020.
- PINHEIRO, P.F. *et al.* Chemical constituents of coffee. *In: Quality determinants in coffee production*, 2021. p. 209-254.
- REIS, N.; FRANCA, A.S.; OLIVEIRA, L.S. Discrimination between roasted coffee, roasted corn and coffee husks by Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform Spectroscopy. **LWT-Food Science and Technology**, v. 50, n. 2, p. 715-722, 2013.
- RESTUCCIA, D. *et al.* Brewing effect on levels of biogenic amines in different coffee samples as determined by LC-UV. **Food Chemistry**, v. 175, p. 143-150, 2015.

RIBEIRO, J.S.; FERREIRA, M.M.C.; SALVA, T.J.G. Chemometric models for the quantitative descriptive sensory analysis of Arabica coffee beverages using near infrared spectroscopy. **Talanta**, v. 83, n. 5, p. 1352–1358, 2011.

SILVA, R.F. *et al*. Qualidade do café-Cereja descascado produzido na região sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, p. 1367-1375, 2004.

SILVERSTEIN, R.M.; WEBSTER, F.X.; KIEMLE, D.J. **Identificação espectrométrica de compostos orgânicos**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

SOARES, C.M.D.; ALVES, R.C.; OLIVEIRA, M. Beatriz PP. Factors affecting acrylamide levels in coffee beverages. *In*: **Coffee in health and disease prevention**. [S.l.]: Academic Press, 2015. p. 217-224.

SOUSA, P.H.Assis. **Conservação de cafés especiais em ambiente refrigerado: estudo técnico e econômico**. 2020. 92 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia/Agronomia) – Universidade Federal de Lavras.

SOUZA, A.M. de; POPPI, R.J. Experimento didático de quimiometria para análise exploratória de óleos vegetais comestíveis por espectroscopia no infravermelho médio e análise de componentes principais: um tutorial, parte I. **Química nova**, v. 35, n. 1, p. 223-229, 2012.

SUNARHARUM, W.B.; WILLIAMS, D.J.; SMYTH, H.E. Complexity of coffee flavor: A compositional and sensory perspective. **Food research international**, v. 62, p. 315-325, 2014.

TAVARES, K.M. *et al*. Espectroscopia no infravermelho médio e análise sensorial aplicada à detecção de adulteração de café torrado por adição de cascas de café. **Química Nova**, v 35, n. 6, p. 1164-1168, 2012.

TORRES, L.M. **Compostos bioativos, ácidos orgânicos, atividade antioxidante e suas correlações com a qualidade da bebida de café arábica**. 2014. 93 p. Dissertação (Mestrado Fitotecnia/Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.