

Armazenamento de café especial em acondicionamentos com atmosfera artificial

Storage of special coffee in artificial atmosphere packaging

DOI: 10.55905/rdelosv16.n48-030

Recebimento dos originais: 07/10/2023

Aceitação para publicação: 14/11/2023

Fabiana Carmanini Ribeiro

Doutora em Engenharia Agrícola

Instituição: Universidade de Brasília

Endereço: Brasília - DF, Brasil

E-mail: fabianacarmanini@yahoo.com.br

Flávio Meira Borém

Doutor em Produção Vegetal

Instituição: Universidade Federal de Lavras

Endereço: Lavras - MG, Brasil

E-mail: flavioborem@gmail.com

Luísa Pereira Figueiredo

Doutora em Ciência dos Alimentos

Instituição: Universidade Federal de Lavras

Endereço: Lavras - MG, Brasil

E-mail: lupefi@gmail.com

Gerson Silva Giomo

Doutor em Agronomia

Instituição: Instituto Agronômico de Campinas

Endereço: Campinas - SP, Brasil

E-mail: gsgiomo@yahoo.com.br

Marcelo Ribeiro Malta

Doutor em Ciência dos Alimentos

Instituição: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG)

Endereço: Lavras - MG, Brasil

E-mail: marcelormalta@gmail.com

RESUMO

A preservação da qualidade do café depende, essencialmente, das condições de armazenamento, destacando-se como fatores de maior importância, a temperatura e a umidade relativa ambiente, o teor de água do produto e a composição do ar intergranular. O estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a composição física, química e sensorial do café beneficiado, classificado como especial, armazenado em diferentes tipos de acondicionamento, por 12 meses. O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições em

esquema fatorial (5x8), corresponde a cinco tempos de armazenamento e oito métodos de acondicionamentos. O saco plástico similar ao GrainPro® apresentou-se como permeável a gases. Os grãos acondicionados em saco de juta no armazém convencional e em câmara controlada apresentaram aumento e diminuição no teor de água, respectivamente, durante o armazenamento. Os valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio aumentaram em todos os métodos de acondicionamentos. Os teores de ácidos orgânicos foram mantidos nos diferentes métodos de acondicionamento, após 12 meses de armazenamento. Os grãos de café perdem qualidade sensorial, independente do método de acondicionamento, após 12 meses de armazenamento. Os grãos de café acondicionados na embalagem aluminizada com atmosfera modificada ativamente (injeção de 10% de CO₂) apresentaram a menor oscilação das notas na avaliação sensorial, durante o período de armazenamento. Os grãos acondicionados em saco de juta no armazém convencional não se classificaram na categoria de cafés especiais, após 12 meses de armazenamento.

Palavras-chave: armazenamento hermético, ácidos orgânicos, análise sensorial.

ABSTRACT

The preservation of the quality of coffee depends essentially on the storage conditions, the most important factors being the temperature and the relative humidity of the environment, the water content of the product and the composition of the intergranular air. The study was conducted with the aim of evaluating the physical, chemical and sensory composition of the coffee benefited, classified as special, stored in different types of packaging, for 12 months. The experiment was installed in entirely casualized design, with three repetitions in factorial scheme (5x8), corresponds to five storage times and eight packaging methods. The plastic bag similar to GrainPro® was shown to be gas permeable. Grains packed in jute bags in the conventional warehouse and in a controlled chamber showed an increase and a decrease in the water content, respectively, during storage. Values of electrical conductivity and potassium leaching increased in all packaging methods. The levels of organic acids were maintained in the different packaging methods after 12 months of storage. The coffee beans lose sensory quality, regardless of the method of packaging, after 12 months of storage. The coffee beans packaged in the aluminized packaging with an actively modified atmosphere (10% CO₂ injection) showed the smallest oscillation of the notes in the sensory evaluation, during the storage period. Grains packed in jute bags in the conventional warehouse did not qualify for special coffee after 12 months of storage.

Keywords: airtight storage, organic acids, sensory analysis.

1 INTRODUÇÃO

A demanda por cafés especiais no mercado mundial é crescente e em proporções muito maiores do que a dos cafés comuns. Por essa razão, campanhas visando aumentar o consumo e melhorar a qualidade do café brasileiro têm sido adotadas, resultando na criação de associações, tais como Brazilian Specialty Coffee Association (BSCA), Conselho das Associações de Cafeicultores do Cerrado (CACER) e Associação de Cafeicultura Orgânica (ACOB) que,

aliadas a uma política de “marketing”, procuram reverter esse quadro de inferioridade perante os compradores internacionais.

O valor comercial dos grãos de café (*Coffea arabica* L.) está diretamente relacionado com a sua qualidade. As características que definem a qualidade dos grãos de café e determinam sua aprovação podem ser agrupadas nas que dependem do aspecto físico dos mesmos, como uniformidade, forma, tamanho e cor e nas que se referem a seu aroma e sabor. Dos aspectos físicos apresentados pelos grãos beneficiados, a cor é extremamente importante, uma vez que dela dependerão a aceitação ou a rejeição do produto.

A preservação desses atributos sensoriais desejáveis depende, essencialmente, das condições de armazenagem do café. Durante o armazenamento, destacam-se, como fatores de maior importância, a temperatura ambiente, a umidade relativa e a composição da atmosfera. O teor de água do grão de café é também de grande importância, uma vez que altos teores causam perda de qualidade da bebida e mudança na coloração, passando da tonalidade verde-azulada, característica do produto de boa qualidade, à coloração esbranquiçada, fenômeno conhecido como "branqueamento" (RIBEIRO et al., 2011; NOBRE et al., 2007; AFONSO JÚNIOR; CORRÊA, 2003; LOPES et al., 2000; CARVALHO et al., 1994; BACCHI, 1962).

Segundo Arêdes et al. (2002), os polissacarídeos presentes nos grãos de café, advindos da degradação do amido, podem ser metabolizados e produzir o dióxido de carbono (CO₂). Tal fato pode causar perda de massa durante o armazenamento e a produção de alguns ácidos prejudica a qualidade do produto. Assim, a redução da massa de matéria seca dos grãos é um indicativo a mais para a avaliação da perda de qualidade.

Os testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio têm se apresentado como indicadores da relação entre a desorganização das membranas celulares e a perda de constituintes dos grãos (MALTA et al., 2005; MARCOS FILHO et al., 1990; PRETE, 1992). Estas análises têm apresentado correlação negativa em relação à qualidade da bebida do café, em que o aumento da quantidade de exsudados determinados na água de embebição corresponde à perda de qualidade do produto (CORADI et al., 2007; REINATO et al., 2007; MALTA et al., 2005; COELHO et al., 2001; PRETE 1992; AMORIM 1978).

A acidez em grãos de café tem sido apontada como um bom indicativo da qualidade do produto, sendo pequenas quantidades de ácidos orgânicos necessárias para conferir acidez essencial à bebida (GINZ et al., 2000). Os principais ácidos encontrados em grãos de café verde

são o cítrico, o málico, o clorogênico e o quínico. Rivera (1999) relatou que alguns ácidos orgânicos, mesmo em pequenas concentrações, promovem efeitos diferenciados na avaliação sensorial.

Há estudos nos quais se afirma que o armazenamento em sistemas herméticos, que permitam a modificação ou o controle da atmosfera, apresenta-se como alternativa viável na preservação da qualidade dos grãos de café, principalmente para a linha de cafés diferenciados, de alta qualidade e maior valor agregado, para os quais são aceitáveis certos gastos adicionais para a preservação de sua qualidade (RIBEIRO et al., 2011; BORÉM et al., 2008; NOBRE et al., 2007).

Neste contexto, o estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a composição física, química e sensorial do café beneficiado, classificado como especial, armazenado em diferentes tipos de acondicionamento, por 12 meses.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA

O experimento foi instalado no armazém comercial da empresa Bourbon Specialty Coffees S/A, na cidade de Poços de Caldas, MG e no Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (DEG/UFLA).

A matéria-prima necessária para o experimento foi fornecida pela Bourbon Specialty Coffees S/A. Os grãos de café (*Coffea arabica* L.), provenientes de um único lote comercial, safra 2011, foram previamente beneficiados, selecionados e caracterizados quanto à bebida, com nota superior a 85 pontos, de acordo com a escala da Specialty Coffee Association of América (SCCA).

2.2 EMBALAGENS

Os grãos de café foram acondicionados em cinco tipos de embalagem: sacos de juta, sacos GrainPro®, sacos plásticos similares ao GrainPro®, embalagens aluminizadas 1(EA1) e embalagens aluminizadas 2(EA2). A especificação da constituição do material de cada embalagem é apresentada na Tabela 1. Essas embalagens foram escolhidas, pois empresas produtoras e exportadoras de grãos de café vêm utilizando-as durante o armazenamento. No

entanto, estudos científicos não foram realizados para validar os efeitos de cada tipo de embalagem na manutenção da qualidade do café, ao longo do armazenamento.

Tabela 1 - Especificação das embalagens usadas no experimento.

Embalagem	Especificação
Saco de juta	Fabricado com fibras naturais de juta trançadas. Embalagem permeável à água e gases.
Sacos GrainPro®	Características: saco transparente, esverdeado, permeabilidade ao O ₂ (23 °C, a seco), permeabilidade ao vapor d'água (38 °C, UR 90%). Composição: camadas de polietileno, barreiras antigases e polietileno.
Sacos plásticos similares ao GrainPro®	Características: saco transparente, esverdeado, liso, <i>primer</i> , atóxico. Composição: 40% polietileno de baixa densidade convencional + 60% polietileno linear com deslizante + 0,3% corante verde.
Embalagem aluminizada 1	Características: embalagem prata metalizada com coloração branca no interior. Composição: poliéster metalizado (gramatura-17g/m ²) + adesivo (gramatura-2g/m ²) + filme de polietileno leitoso (gramatura-80g/m ²). Gramatura total de 100g/m ² .
Embalagem aluminizada 2	Características: embalagem prata metalizada com coloração prata no interior. Composição: poliéster transparente (12 micra) + poliéster metalizado (12 micra) + Polietileno Coex com Alta Densidade (150 micra). Total de 174 micra por parede.

Embalagem aluminizada 1 = EA1

Embalagem aluminizada 2 = EA2

Fonte: Autores, 2023.

Durante o processo de acondicionamento dos grãos nas embalagens plásticas, foram estabelecidas três condições com relação à concentração gasosa, sendo:

- (1) atmosfera modificada passivamente: as embalagens (saco GrainPro®, saco similar ao GrainPro®, EA1 e EA2) foram fechadas hermeticamente, formando, assim, dentro destas embalagens, uma atmosfera modificada, na ausência da adição de gases;
- (2) atmosfera modificada ativamente: aplicada na embalagem (EA1). Essa técnica foi escolhida, pois, atualmente, é utilizada no armazenamento e no transporte de diversos produtos agrícolas. Em estudos recentes utilizou-se uma atmosfera modificada com 60% (Ribeiro et al., 2011) e 40% (Borém et al., 2008) de dióxido de carbono, durante o armazenamento dos grãos de café. Porém, não são conhecidas as condições limite adequadas para grãos de café cru;
- (3) vácuo: essa condição de atmosfera será aplicada na embalagem (EA1); a pressão parcial de oxigênio (O₂) será reduzida empregando-se vácuo parcial nas embalagens.

O dióxido de carbono (CO₂) foi injetado de forma que expulsava progressivamente para o exterior o ar intergranular, até que a concentração do gás atingisse o nível desejado de 10±2%,

medido pelo equipamento Anagas-CD98 acoplado à saída da embalagem. A concentração do gás no interior das embalagens foi quantificada a cada três meses.

O vácuo foi realizado na máquina TecMq-300 e, para atingir as condições desejadas, o potenciômetro de tempo de vácuo no equipamento foi ajustado no nível 3, obtendo-se um vácuo de -540 mmHg na embalagem, equivalente a aproximadamente 95% do volume total.

Implantação do experimento

As embalagens com capacidade para 8 kg, com dimensões de 50 cm de altura e 45 cm de largura, foram armazenadas em condição ambiente (armazém convencional). No entanto, o saco de juta foi acondicionado no armazém convencional e em câmara com condições controladas.

Os valores de temperatura e umidade relativa do ar ambiente foram registrados diariamente, por meio de um termo-higrógrafo instalado próximo à área experimental. No ambiente com condições controladas, a câmara climática foi programada para temperatura de 15 °C e umidade relativa de 60%.

As amostragens para avaliação da qualidade foram realizadas em intervalos de três meses, sendo a primeira no início do armazenamento, num período de 12 meses. A quantidade amostrada para a realização de todas as análises foi em torno de 500 g para cada embalagem.

2.3 TRATAMENTOS, DELINEAMENTO E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Na Tabela 2 é apresentado um resumo com a identificação e a caracterização dos tratamentos.

Tabela 2 - Identificação e caracterização dos tratamentos.

Tratamentos (identificação)	Embalagem	Atmosfera artificial	Condição de armazenamento
EA1-AMP	EA1	Atmosfera modificada passivamente	Armazém convencional
EA1-AMA	EA1	Atmosfera modificada ativamente	Armazém convencional
EA1-V	EA1	Vácuo	Armazém convencional
GP	Saco GrainPro®	Atmosfera modificada passivamente	Armazém convencional
J-AC	Saco de juta	Não	Armazém convencional
J-CC	Saco de juta	Não	Câmara controlada
EA2	EA2	Atmosfera modificada passivamente	Armazém convencional
S-GP	Saco similar ao GrainPro®	Atmosfera modificada passivamente	Armazém convencional

Fonte: Autores, 2023.

Neste trabalho foi estudado o efeito do método de acondicionamento de grãos de café beneficiados durante o armazenamento. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com três repetições em esquema fatorial 5x8, correspondendo a cinco tempos

de armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 meses) e oito métodos de acondicionamentos (EA1-AMP, EA1-AMA, EA1-V, GP, J-AC, J-CC, EA2, S-GP). Após a análise variância as médias foram comparadas entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, para os métodos de acondicionamento. No estudo do efeito tempo do tempo de armazenamento foi realizado uma análise de regressão. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

2.4 CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE

A qualidade dos grãos de café foi avaliada por meio de análises físicas, químicas e sensoriais. As análises foram realizadas no Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas, no Departamento de Engenharia da UFLA; no Laboratório de Cromatografia, no Departamento de Química da UFMG e no Laboratório de Qualidade do Café, na Epamig de Lavras.

A avaliação das variáveis físicas, químicas e sensoriais foi realizada nos tempos 0, 3, 6, 9 e 12 meses de armazenamento, com exceção da variável ácidos orgânicos que foi analisadas nos tempos 0 e 12 meses de armazenamento.

O teor de água dos grãos crus de café foi determinado pelo método de estufa, a 105 ± 1 °C, por 16 horas, conforme o método padrão da ISO 6673 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 1999). A cor dos grãos crus de café foi determinada pelo colorímetro Minolta modelo CR 300, por leitura direta das coordenadas L, a, b.

A massa de 1.000 grãos (M_{mg}) foi determinada de acordo com Brasil (2009). A massa seca de 1.000 grãos (MS_{mg}) foi calculada descontando-se a massa de água contida na massa total (SANTOS, 2011). A massa específica aparente foi obtida utilizando-se uma balança de peso hectolítrico, com capacidade de um litro, tendo a massa específica aparente da matéria seca (ρ_{ms}), em $kg\ m^{-3}$, foi calculada descontando-se a massa de água contida em um determinado volume de grãos (SANTOS, 2011).

A condutividade elétrica dos grãos crus foi determinada adaptando-se a metodologia proposta por Krzyzanowsky et al. (1991). O resultado da condutividade elétrica foi calculado expressando-se o resultado em $\mu S.cm^{-1}.g^{-1}$ de grãos. Após a leitura da condutividade elétrica, as soluções foram submetidas à determinação da quantidade de potássio lixiviado, segundo metodologia proposta por Prete (1992). Com os dados, calcula-se a quantidade de potássio lixiviado, expressando-se o resultado em $mg.kg^{-1}$.

Na determinação dos ácidos orgânicos procederam-se à extração e à derivatização das amostras de café cru (~50 mg) em tubo de microcentrífuga de 2 ml, foram extraídas com 500 µl de tetra-hidrofurano (THF) em banho ultrassônico por 15 minutos. Após centrifugação, a 6.000 rpm, por 3 minutos, uma alíquota de 250 µl do sobrenadante foi retirada em tubos de microcentrífuga de 1,5 ml e secas sob ar quente (60 °C). Em seguida, foram adicionados 50 µl do agente sililante MSTFA e, então, o tubo fechado foi colocado em forno de micro-ondas doméstico (Panasonic Piccolo), por 3 minutos, na potência média (180 W). Uma alíquota de 2 µL foi injetada diretamente no cromatógrafo para análise, sem qualquer purificação. As análises foram realizadas em um cromatógrafo a gás HP7820, equipado com detector por ionização de chamas. Utilizou-se uma coluna HP5 (Agilent) 30 m x 0,32 mm x 0,25mm, com gradiente de temperatura: 150°C, 0 min, 12 °C/min até 300 °C; injetor (split de 1/30) a 280 °C e detector a 300 °C. Hidrogênio como gás de arraste (3 ml/min) e volume de injeção de 2µl.

A análise sensorial foi realizada por juízes certificados pela SCAA, baseando-se no protocolo de análise sensorial da Associação Americana de Cafés Especiais (SCAA), de acordo com a metodologia proposta por Lingle (2011), para avaliação sensorial de cafés especiais, com atribuição de notas para fragrância/aroma, acidez, corpo, sabor, sabor residual, doçura, uniformidade, xícara limpa, balanço e impressão global. O processo de torração das amostras foi realizado com 100 g de grãos, monitorando-se a temperatura e o tempo de torra, não inferior a 8 minutos ou superior a 12 minutos. Todas as amostras foram torradas com antecedência mínima de 12 horas à degustação. O resultado final da avaliação sensorial foi obtido de acordo com a escala de pontuação da SCAA.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO

Observou-se, nos acondicionamentos EA1-AMP, EA2 e GP, aumento na concentração do gás durante o armazenamento (Tabela 3). A concentração de CO₂ determinada no interior dos acondicionamentos foi, em média, 12, 18 e 11 vezes maior que a concentração da atmosfera natural, respectivamente, sendo que na atmosfera natural equivale em torno de 0,03% (MANAHAN, 2000). O resultado indica que as embalagens são impermeáveis ao gás dióxido de carbono. No entanto, no acondicionamento em saco similar ao GrainPro® (S-GP), a concentração

de CO₂ permaneceu com valores próximos ao determinado na atmosfera natural, durante o armazenamento (Tabela 3).

Verificou-se, no acondicionamento em embalagem aluminizada 1 sob atmosfera modificada ativamente (EA1-AMA), redução da concentração do gás no início do armazenamento. Entretanto, a partir do terceiro mês, observou-se tendência de estabilização da concentração, mantendo-se em torno de 7% (Tabela 3). A aparente redução seguida por ligeira estabilização na concentração de CO₂ pode estar associada à sorção de CO₂ pelos grãos. O fenômeno de sorção de CO₂ por produtos agrícolas já foi relatado por outros autores (SHUNMUGAM et al., 2005; COFIE-AGROBAR et al., 1995). Grãos de trigo, canola e cevada são capazes de sorver quantidades significativas de CO₂. Além disso, as taxas de sorção diminuem com o tempo, até que ocorra um equilíbrio entre a concentração de CO₂ intra e intergranular. Esse equilíbrio depende da concentração inicial de CO₂, do tipo de grão, da temperatura e do teor de água.

Borém et al. (2013) descreveram o fenômeno de sorção de CO₂ por grãos beneficiados de café, destacando que, diferentemente de outros grãos, como os cereais, a sorção de gases pelo café cru pode alterar sua composição de tal maneira que, após sua torração, a qualidade final da bebida seja modificada.

Tabela 3 - Valores médios da concentração de dióxido de carbono (CO₂) (%) nos diferentes métodos de acondicionamento, ao longo do armazenamento.

Acondicionamentos	Tempo de armazenamento (meses)				
	0	3	6	9	12
EA1-AMP	0,04	0,25	0,37	0,32	0,35
EA1-AMA	11,23	7,27	7,63	7,76	7,82
EA2	0,03	0,36	0,43	0,51	0,54
GP	0,04	0,24	0,29	0,30	0,33
S-GP	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04

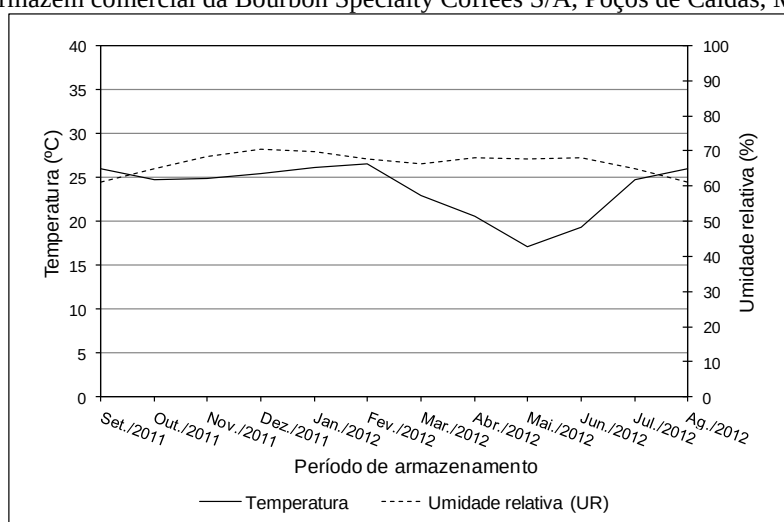
Fonte: Autores, 2023.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE DE ARMAZENAMENTO

Os dados referentes aos valores médios da temperatura e da umidade relativa, nos meses correspondentes ao período de armazenamento dos grãos de café, podem ser observados na Figura 1. Observa-se que a umidade relativa e a temperatura variaram naturalmente, em decorrência das condições climáticas. A temperatura do ambiente variou de 17,1 °C a 26 °C e a umidade relativa de 61,1% a 70,5%.

Dentre os vários fatores que afetam a conservação de grãos, a interação das variações na umidade relativa do ar e na temperatura influencia diretamente a manutenção da qualidade dos grãos mantidos em armazém convencional. Isso foi comprovado pelo aumento no teor de água dos grãos aos três meses de armazenamento, no café armazenado em saco juta em armazém convencional (Tabela 4).

Figura 1 -. Valores médios mensais da temperatura e da umidade relativa do ambiente, no armazém convencional. Armazém comercial da Bourbon Specialty Coffees S/A, Poços de Caldas, MG.



Fonte: Autores, 2023.

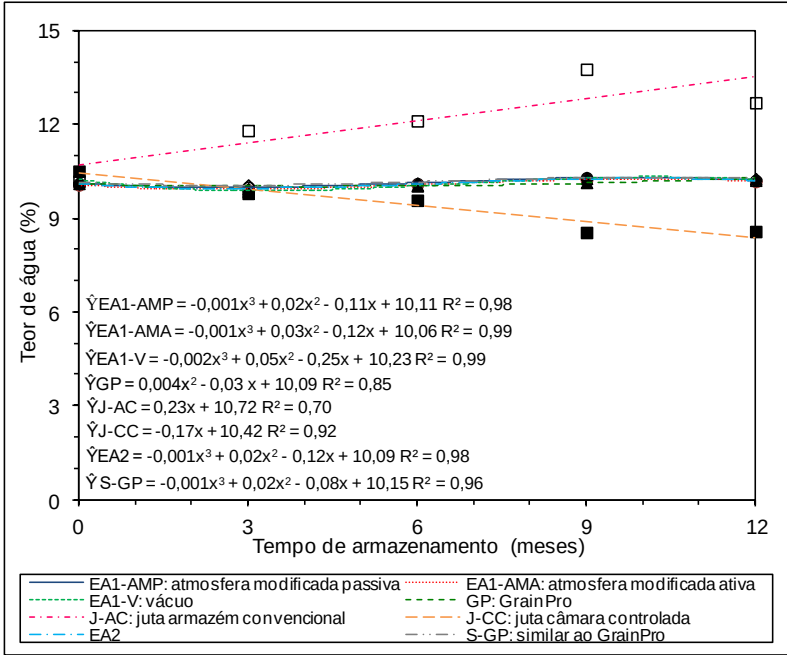
Os grãos acondicionados em saco de juta e armazenados em armazém convencional (J-AC) apresentaram elevação do teor de água, durante doze meses de armazenamento, aumentando, em média, de 10,19% para 12,70% (b.u.). No entanto, grãos acondicionados em saco de juta e armazenados em condição controlada (J-CC), apresentaram uma diminuição dos valores, em média de 10,51% para 8,58% (b.u.) (Figura 2 e Tabela 4).

Os valores do teor de água dos grãos acondicionados em saco de juta (J-AC e J-CC) variaram significativamente dos demais métodos de acondicionamento aos nove meses de armazenamento (Tabela 4).

Os grãos, sendo higroscópicos, sofrem variações no teor de água, de acordo com as condições do ambiente. Portanto, quando estão armazenados em embalagem permeável (saco de juta), que permite a interação com a umidade relativa do ar, realizam trocas gasosas, atingido o equilíbrio com o ar ambiente. Nas demais embalagens, caracterizadas como impermeáveis a água, o teor de água manteve-se estável ao longo do armazenamento.

O teor de água na faixa de 10-11% (b.u) é considerado seguro para armazenagem dos grãos de café (BORÉM, 2008; HARRIS; MILLER, 2008). O resultado desse estudo corrobora os obtidos por Ribeiro et al. (2011), o que demonstra que é possível manter estável o teor de água dos grãos de café beneficiados durante 12 meses, exceto no acondicionamento em saco de juta.

Figura 2 - Valores médios do teor de água (%), dos grãos de café beneficiados, em diferentes métodos de acondicionamentos, ao longo do armazenamento.



Fonte: Autores, 2023.

Tabela 4 - Valores médios do teor de água, massa específica aparente da matéria seca, luminosidade, condutividade elétrica ($\mu S.cm^{-1}.g^{-1}$), lixiviação de potássio ($mg.kg^{-1}$) e análise sensorial (notas) em função dos diferentes métodos de acondicionamentos, ao longo do armazenamento.

TEOR DE ÁGUA (%)								
Tempo de armazenamento (meses)	Tratamentos							
	EA1-AMP	EA1-AMA	EA1-V	GP	J-AC	J-CC	EA2	S-GP
0	10,11 a	10,07 a	10,24 a	10,12 a	10,19 a	10,51 a	10,10 a	10,15 a
3	10,00 a	9,91 a	9,87 a	9,95 a	11,81 b	9,80 a	9,94 a	10,07 a
6	10,11 a	10,08 a	10,04 a	10,06 a	12,12 b	9,58 a	10,11 a	10,13 a
9	10,30 b	10,23 b	10,28 b	10,15 b	13,77 c	8,55 a	10,24 b	10,31 b
12	10,21 b	10,18 b	10,22 b	10,27 b	12,7 c	8,58 a	10,21 b	10,27 b
Média Geral	10,14 b	10,09 b	10,13 b	10,11 b	12,11 c	9,40 a	10,12 b	10,18 b
CV = 3,51%								
MASSA ESPECÍFICA APARENTE DA MATÉRIA SECA ($kg.m^{-3}$)								
0	593,11 a	587,34 a	593,32 a	591,02 a	593,52 a	594,31 a	588,79 a	589,85 a
3	589,45 a	580,22 a	589,1 a	607,87 b	579,6 a	587,52 a	600,65 b	576,28 a
6	570,84 a	574,18 b	584,79 b	577,66 b	557,5 a	576,81 b	577,17 b	562,8 a
9	572,82 b	570,61 b	571,62 b	569,26 b	534,73 a	585,97 b	570,92 b	568,7 b
12	585,39 b	592,4 b	582,24 b	586,34 b	550,29 a	605,32 c	582,38 b	589,81 b

Média Geral	582,32 a	580,95 a	584,21 a	586,43 a	563,12 a	589,98 a	581,98 a	577,48 a
CV = 1,34%								
LUMINOSIDADE (L)								
0	45,07 b	44,54 a	45,44 a	45,71 a	44,69 a	47,40 a	48,03 b	46,82 a
3	45,55 a	47,14 b	46,31 b	45,41 a	46,50 b	46,34 b	47,23 b	47,19 b
6	48,13 a	48,48 a	47,35 a	47,02 a	49,88 a	48,91 a	47,08 a	47,57 a
9	48,49 b	48,21 b	47,92 b	51,62 a	52,65 a	49,16 a	48,88 b	47,71 a
12	49,81 a	48,59 a	48,00 a	52,57 b	54,93 b	50,31 a	47,80 a	47,05 a
Média Geral	47,40 b	47,39 b	47,00 b	48,86 a	49,73 a	48,22 ab	47,80 b	47,26 b
CV = 2,59%								
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (μ S.cm⁻¹.g⁻¹)								
Tempo de armazenamento (meses)	Tratamentos							
	EA1-AMP	EA1-AMA	EA1-V	GP	J-AC	J-CC	EA2	S-GP
0	75,02 a	78,34 b	73,63 a	76,21 a	72,20 a	77,59 b	73,27 a	74,58 a
3	76,14 a	74,06 a	70,00 a	74,16 a	79,31 a	72,64 a	68,44 a	74,70 a
6	77,19 a	74,92 a	78,73 a	81,53 a	94,48 b	75,42 a	68,07 a	72,16 a
9	83,78 a	81,61 a	75,07 a	78,99 a	108,82 b	85,12 a	77,05 a	77,06 a
12	136,83 a	141,84 a	133,45 a	140,97 a	184,95 b	143,64 a	136,08 a	145,18 a
Média Geral	89,79 b	90,15 b	86,18 a	90,37 b	107,95 c	90,88 b	84,58 a	88,74 b
CV = 6,88%								
LIXIVIAÇÃO DE POTÁSSIO (mg.kg⁻¹)								
0	24,24 a	23,07 a	22,43 a	22,89 a	21,91 a	24,09 a	23,59 a	23,46 a
3	24,42 a	25,50 a	24,71 a	24,30 a	22,86 a	24,23 a	24,24 a	23,77 a
6	22,30 a	21,59 a	24,30 a	22,33 a	27,83 b	22,57 a	20,52 a	22,33 a
9	23,35 a	23,49 a	22,16 a	24,76 a	32,13 b	26,38 a	23,10 a	23,14 a
12	41,30 b	44,32 b	40,18 a	41,09 b	54,66 c	42,68 b	43,65 b	40,29 b
Média Geral	27,12 a	27,59 a	26,76 a	27,07 a	31,88 b	27,99 a	27,02 a	26,60 a
CV = 6,90%								
ANÁLISE SENSORIAL (NOTAS)								
0	85,33 a	85,16 a	85,58 a	85,41 a	85,33 a	85,58 a	85,33 a	85,41 a
3	82,50 a	83,91 a	84,54 a	84,33 a	81,45 a	83,45 a	82,70 a	83,41 a
6	84,54 b	84,91 b	85,41 b	83,47 b	80,75 a	82,52 a	83,80 b	84,00 b
9	83,22 b	84,25 b	83,00 b	83,50 b	76,77 a	82,37 b	83,25 b	83,87 b
12	82,79 c	83,75 c	83,29 c	82,27 c	74,08 a	80,61 b	83,91 c	81,16 b
Média Geral	83,68 c	84,40 b	84,36 c	83,80 b	79,68 a	82,90 b	83,80 b	83,37 b
CV = 1,52%								

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha não diferem entre si ($P>0,05$), pelo teste de Scott-Knott.

Fonte: Autores, 2023.

Na Figura 3A, verifica-se que a massa específica aparente da matéria seca do café acondicionado em saco de juta no armazém convencional (J-AC) reduziu linearmente durante o armazenamento, variando de 593,52 a 550,29 kg m⁻³ (Tabela 4). Para os demais métodos de acondicionamentos, não foi possível estabelecer uma relação de redução ou aumento dessa variável, durante o armazenamento.

A massa específica aparente dos produtos agrícolas geralmente diminui com o aumento do teor de água. Esse comportamento pode ser observado nos grãos acondicionados em saco de juta no armazém convencional, que apresentou menor barreira às trocas de umidade e de gases

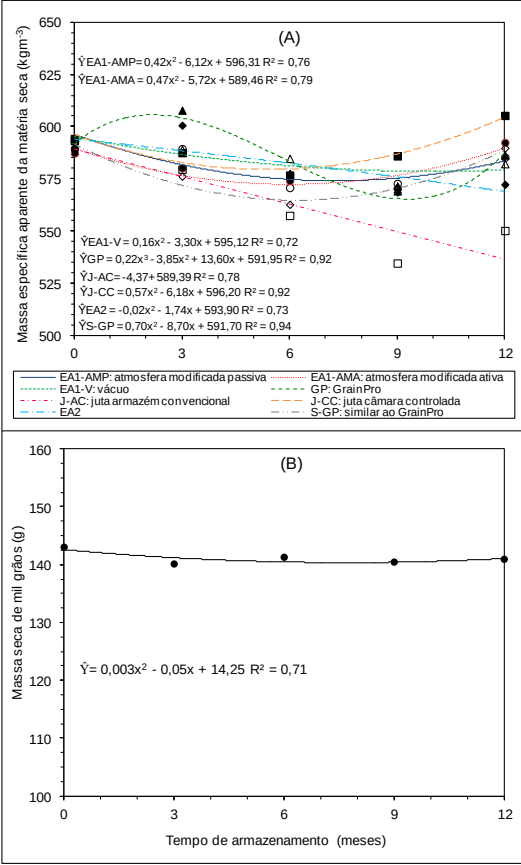
com o ambiente, além de menor proteção contra as variações de temperatura no ambiente de armazenamento.

Observa-se que o valor da massa seca de mil grãos não diferiu significativamente entre os diferentes métodos de acondicionamentos. A variação dessa variável ao longo do armazenamento pode ser representada por uma equação de segundo grau, no entanto, não houve redução relevante ao longo do armazenamento. Em média, os métodos de acondicionamentos apresentaram valor inicial de 14,30 g e final de 14,09 g (Figura 3B e Tabela 5).

Coelho et al. (2001) observaram maiores perdas de massa para os grãos de café armazenados em sacos de aniagem, quando comparados aos armazenados em embalagens impermeáveis.

A manutenção da qualidade do café está diretamente ligada ao metabolismo dos grãos, o qual será tanto mais intenso quanto maiores forem a temperatura e a umidade relativa do ambiente, e o teor de água do produto (ALVES et al., 2003; ARÊDES et al., 2002). MUIR; WHITE (2001) descrevem a importância do processo de respiração dos grãos e da microflora como fator determinante na deterioração do produto, visto que parte da matéria seca dos grãos pode ser consumida durante o armazenamento. Portanto, métodos de acondicionamento herméticos promovem redução da atividade respiratória aeróbica dos grãos e, conseqüentemente, menor perda de matéria seca.

Figura 3 -. Valores médios da massa específica aparente da matéria seca (kgm⁻³) e massa seca de mil grãos (g) dos grãos de café beneficiados, em diferentes métodos de acondicionamentos, ao longo do armazenamento.



Fonte: Autores, 2023.

Tabela 5 - Valores médios da massa seca de 1000 grãos (g), coordenadas (a) e (b) ao longo do armazenamento.

Tempo de armazenamento (meses)	Massa seca de 1000 grãos (g)	Coordenada (a)	Coordenada (b)
0	143,00	0,94	13,12
3	140,10	0,61	13,90
6	141,26	0,81	12,73
9	140,43	0,99	12,93
12	140,91	0,65	10,73
Média Geral	141,14	0,80	12,68
CV (%)	2,21	9,33	5,45

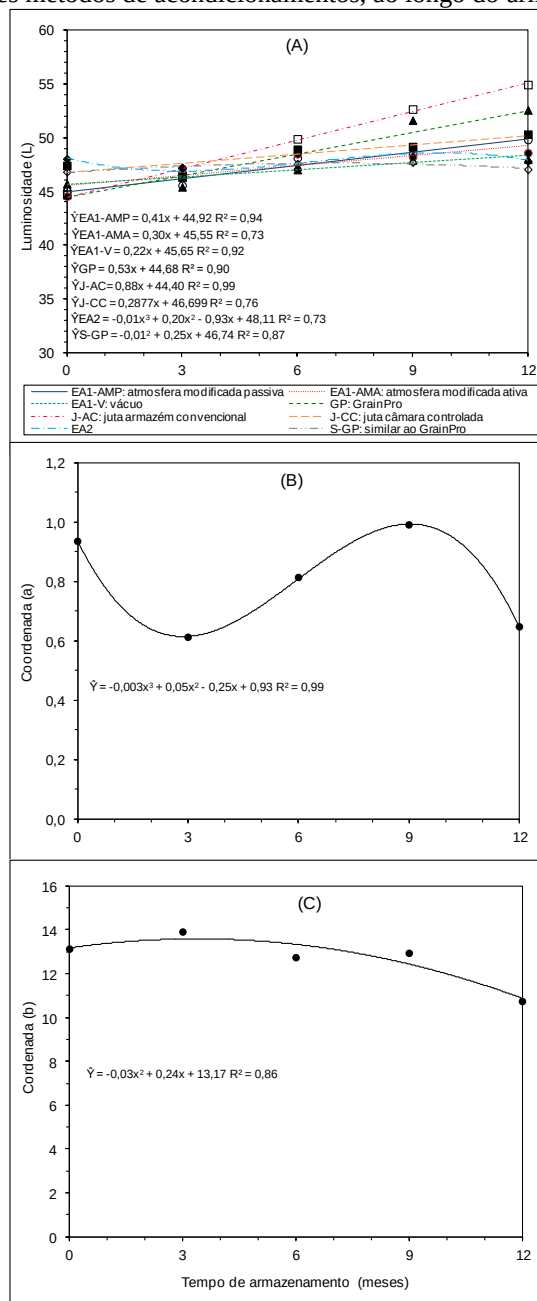
Fonte: Autores, 2023.

De modo geral, observou-se um aumento nos valores da luminosidade ao longo do armazenamento, em todos os métodos de acondicionamentos. Nota-se que os acondicionamentos J-AC e GP apresentaram os maiores valores de luminosidade ao final do armazenamento (Figura 4A).

Os resultados para as coordenadas (a) e (b) não diferiram significativamente entre os tratamentos estudados (Figura 4B e 3C, Tabela 5). Observa-se que os valores da coordenada (a) apresentaram oscilações, não sendo possível estabelecer uma relação de aumento ou diminuição dessa variável, durante o armazenamento. A coordenada (b) apresentou tendência de redução nos valores, ao longo do armazenamento.

O branqueamento é um fenômeno conhecido durante o armazenamento dos grãos de café beneficiados e explicado pelo aumento da coordenada (L). O aumento das coordenadas (a) e (b) indica perda, respectivamente, da coloração verde e azulada dos grãos (AFONSO JÚNIOR; CORRÊA, 2003). A manutenção da coloração dos grãos de café durante o armazenamento é de extrema importância, sendo uma característica visual que, muitas vezes, determina a aceitação ou a rejeição do produto durante a comercialização.

Figura 4 -. Valores médios da luminosidade (L), coordenada (a) e coordenada (b) dos grãos de café beneficiados, em diferentes métodos de acondicionamentos, ao longo do armazenamento.

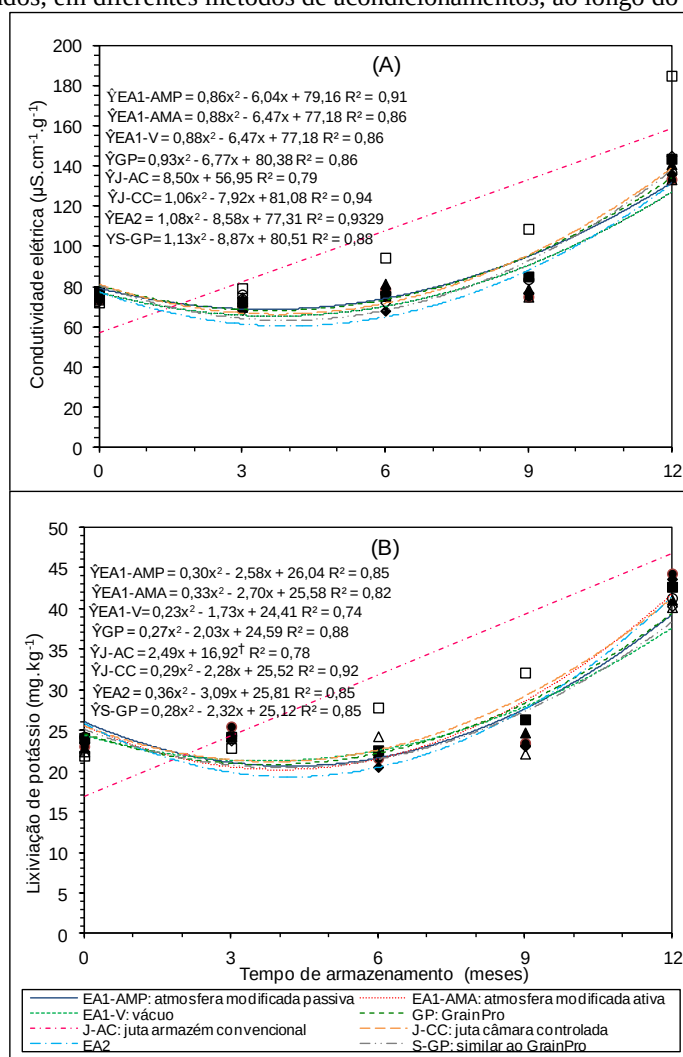


Fonte: Autores, 2023.

Segundo Amorim (1978), a mudança de cor ocorre, principalmente, em razão da desestruturação das membranas celulares. Neste trabalho, verificou-se que o café acondicionado em saco de juta em armazém convencional apresentou os maiores valores de extravazamento de solutos, evidenciados pelos maiores valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio nesse tipo de acondicionamento. Portanto, os resultados indicam que a maior perda da coloração

nos grãos, ao final do período de armazenamento, ocorreu neste tratamento, comparado aos demais.

Figura 5 - Valores médios da condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$) e lixiviação de potássio (mg.kg^{-1}) dos grãos de café beneficiados, em diferentes métodos de acondicionamentos, ao longo do armazenamento.



Fonte: Autores, 2023.

Observa-se que, independentemente do momento da análise, no início ou 12 meses de armazenamento, os valores do ácido cítrico e quínico não apresentaram diferenças significativas em função dos métodos de acondicionamentos (Tabela 6).

Os ácidos orgânicos são compostos que apresentam o grupo carboxila em sua estrutura molecular. Segundo Galli; Barbas (2004), esses ácidos estão presentes no café, compondo até cerca de 10% da massa do grão cru e 6% da massa do grão torrado.

Os ácidos orgânicos encontrados no grão cru são o acético, o cítrico, o fórmico, o málico, o pirúvico, o clorogênico, o quínico e o succínico. Uma vez que a maioria dos ácidos orgânicos presentes no grão de café é volátil, eles contribuem para a formação de aromas e sabores na bebida do café. O conjunto de aromas e sabores relacionados com os ácidos orgânicos é de reconhecida importância na qualidade sensorial da bebida, fator este que o consumidor busca na escolha do café (GALLI; BARBAS, 2004).

Tabela 6 - Teores médios dos ácidos orgânicos (cítrico e quínico), em função dos diferentes métodos de acondicionamentos, a zero e aos 12 meses de armazenamento.

Acondicionamento	Tempo de armazenamento (meses)			
	Cítrico (%)		Quínico (%)	
	0	12	0	12
EA1-AMP	0,48 aA	0,65 aA	0,82 aA	0,89 aA
EA1-AMA	0,36 aA	0,20 aA	0,68 aA	0,63 aA
EA1-V	0,44 aA	0,55 aA	0,79 aA	0,75 aA
GP	0,34 aA	0,34 aA	0,69 aA	0,60 aA
J-AC	0,70 aA	0,60 aA	0,84 aA	0,80 aA
J-CC	0,45 aA	0,41 aA	0,61 aA	0,62 aA
EA2	0,37 aA	0,45 aA	0,65 aA	0,65 aA
S-GP	0,41 aA	0,52 aA	0,39 aA	0,62 aA
CV	15,49%		13,21%	

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si ($P>0,05$), pelo teste de Scott-Knott.

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na linha não diferem entre si ($P>0,05$), pelo teste de Scott-Knott.

Fonte: Autores, 2023.

3.3 ANÁLISE SENSORIAL

Pela avaliação proposta pela Specialty Coffee Association of America – SCAA, a qualidade é quantificada por meio de escala, variando de zero a cem pontos. Cafés que apresentam notas nos intervalos de 85 a 89 e de 80 a 84 pontos são classificados, respectivamente, como especialidade (excelente) e especial (muito bom). Já os cafés com notas entre 75 e 79 pontos, embora tenham boa qualidade, são classificados como cafés comuns, não especiais e cafés de qualidade média (fraco) são aqueles com notas entre 70 a 75 pontos (LINGLE, 2011).

No início do armazenamento, as notas para todos os acondicionamentos foram significativamente iguais e superiores a 85 pontos, classificando-os, segundo a SCAA, como café excelente.

Aos 6 meses de armazenamento, o acondicionamento em juta no armazém convencional (J-AC) apresentou-se com nota inferior a 80 pontos, ou seja, não se classificando na categoria de cafés especiais. Entretanto, verifica-se a formação de mais dois grupos, um formado pelos acondicionamentos EA1-AMP, EA1-AMA, EA1-V, GP e EA2, que diferiram significativamente

dos demais tratamentos, mantendo as maiores notas, ou seja, acima de 82 pontos. Outro grupo intermediário, com notas sensoriais inferiores a 82 pontos, formado pelos acondicionamentos J-CC e S-GP (Tabela 4).

No gráfico da Figura 6 observa-se que os cafés acondicionados em S-GP, J-AC e J-CC apresentaram redução mais acentuada das notas, ao longo do armazenamento. Entretanto, destaca-se o acondicionamento em saco de juta no armazém convencional (J-AC) que, aos 12 meses, apresentou pontuação igual a 74,08, sendo classificado como café de qualidade média (fraco) (Tabela 4).

Em resumo, observa-se que todos os cafés perderam qualidade sensorial ao longo do armazenamento, independente do método de acondicionamento. Entretanto, observa-se uma menor oscilação das notas ao longo do armazenamento nos cafés acondicionados nas embalagens aluminizadas 1 sob atmosfera modificada ativamente e a vácuo (EA1-AMA, EA1-V). Assim, pode-se inferir que métodos de acondicionamentos que promovam uma modificação imediata da concentração dos gases no interior da embalagem proporcionam uma melhor preservação da qualidade sensorial. Por outro lado, aos 12 de armazenamento, os grãos acondicionados na embalagem aluminizada 2 (EA2) apresentaram nota sensorial próxima às determinadas nos acondicionamentos (EA1-AMA, EA1-V), porém, tal método de acondicionamento apresentou maior oscilação nas notas, durante o armazenamento.

É importante enfatizar que, do ponto de vista comercial, essas diferenças de pontuações entre os cafés são extremamente importantes. Cafés com notas globais entre 80 e 84 pontos, conforme a escala de classificação da SCAA, são classificados como especiais e podem alcançar valores de mercado de até 50% acima do café *commodity*.

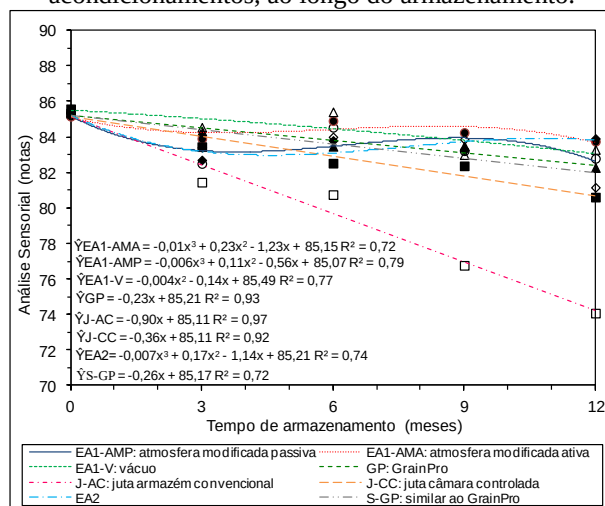
O resultado obtido neste experimento está de acordo com os obtidos por vários autores que descrevem a redução da qualidade do café armazenado em saco de juta (BORÉM et al., 2013; RIBEIRO et al., 2011; RIGUEIRA et al., 2009; CORRÊA et al., 2003; ARÊDES et al., 2002).

Segundo Vilela et al. (2000), o aumento do teor de água nos grãos de café durante o armazenamento proporciona alterações negativas na composição físico-química dos grãos. Esta afirmação foi confirmada neste estudo, visto que o aumento no teor de água dos grãos acondicionados em saco de juta e armazenados em armazém convencional promoveu alterações significativas na qualidade dos mesmos, evidenciadas pela redução da massa específica aparente

da matéria seca, aumento da luminosidade, aumento da condutividade elétrica e lixiviação de potássio, e redução da nota na análise sensorial.

Algumas empresas brasileiras de produção e exportação de café já vêm utilizando o acondicionamento a vácuo com sucesso, entretanto, tem elevado custo, não sendo viável para diversos produtores (BORÉM et al., 2008). O experimento desta pesquisa apresenta o uso da embalagem aluminizada com injeção de CO₂ como uma alternativa, com elevado potencial de preservação na aparência e qualidade sensorial, proporcionando uma diferenciação do produto no mercado.

Figura 6 - Valores médios da análise sensorial (notas), dos grãos de café beneficiados, em diferentes métodos de acondicionamentos, ao longo do armazenamento.



Fonte: Autores, 2023.

4 CONCLUSÕES

- Os grãos acondicionados em saco de juta no armazém convencional e em câmara controlada apresentaram aumento e diminuição no teor de água, respectivamente, durante o armazenamento.
- Os valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio aumentaram em todos os métodos de acondicionamentos, durante o período de armazenamento.
- Os teores de ácidos orgânicos foram mantidos nos diferentes métodos de acondicionamento, durante 12 meses de armazenamento.
- Os grãos de café perdem qualidade sensorial, independente do método de acondicionamento, durante 12 meses de armazenamento.

- Os grãos de café acondicionados na embalagem aluminizada com atmosfera modificada ativamente (injeção de 10% de CO₂) apresentaram a menor oscilação das notas na avaliação sensorial durante o período de armazenamento.
- O acondicionamento em saco de juta no armazém convencional não é recomendado para cafés especiais.

REFERÊNCIAS

- AFONSO JÚNIOR, P. C.; CORRÊA, P. C. Influência do tempo de armazenagem na cor dos grãos de café pré-processados por “via seca” e “via úmida”. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 6, p. 1268-1276, 2003.
- ALVES, W. M.; FARONI, L. R.; CORREA, P. C.; PARIZZI, F. C.; PIMENTEL, M. A. Influência do processamento e do período de armazenamento na perda de matéria seca em café (*Coffea arabica* L.) beneficiado. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa-MG, n. 7, p. 122-127, 2003. Especial Café.
- AMORIM, H. V. **Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão de café verde relacionados com a deterioração da qualidade**. 1978. 85 f. Tese (Doutorado em Bioquímica) . Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1978.
- ARÊDES, E. M.; FARONI, L. R. D.A.; CORRÊA, P. C.; QUEIROZ, M. E. L. R. de; CECOM, P. R.; GONELI, A. L. D. Avaliação das perdas de matéria seca e de qualidade do café (*Coffea arabica* L.) beneficiado e armazenado em importantes municípios produtores da Zona da Mata Mineira e em Alegre-ES. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa-MG, n. 5, p. 44-54, 2002. Especial Café.
- BACCHI, O. O branqueamento dos grãos de café. **Bragantia**, Campinas, v. 21, n. 28, p. 467-484, abr. 1962.
- BORÉM, F. M. Armazenamento do café. In: BORÉM, F. M.; ISQUIERDO, E. P.; FERNANDES, S. M.; FERNANDES, M. (Ed.). **Armazenamento do café**. Lavras: UFLA, 2008, p. 351-388.
- BORÉM, F. M.; NOBRE, G. W.; FERNANDES, S. M.; PEREIRA, R. G. F. A.; OLIVEIRA, P. D. Avaliação sensorial do café cereja descascado, armazenado sob atmosfera artificial e convencional. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1724-1729, 2008.
- BORÉM, F. M.; RIBEIRO, F.C.; FIGUEIREDO, L. P.; GIOMO, G. S.; FORTUNATO, V. A.; ISQUIERDO, E. P. Evaluation of the sensory and color quality of coffee beans stored in hermetic packaging. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, 52, p. 1-6, 2013.
- CARVALHO, V. D.; CHAGAS, S. J. R.; CHALFOUN, S. M.; BORTREL, N.; JUSTE JUNIOR, E. S. G. Relação entre a composição físico-química dos grãos de café beneficiado e a qualidade da bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 4449-4445, 1994.
- COELHO, K. F.; PEREIRA, R. G. F. A.; VILELLA, E. R. Qualidade do café beneficiado em função do tempo de armazenamento e de diferentes tipos de embalagens. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa-MG, n. 2, p. 22-27, 2001. Volume Especial.
- COFIE-AGBLOR, R., MUIR, W.E., SINICIO, R., CENKOWSKI, S., JAYAS, D.S. Characteristics of carbon dioxide sorption by stored wheat. *Journal of Stored Products Research*, Oxford, v. 31, p. 317-324 , 1995.

CORADI, P. C.; BORÉM, F. M.; SAATH, R.; MARQUES, E. R. Efeito das condições de secagem e armazenamento sobre a qualidade do café natural e despulpado. **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 38-47, 2007.

CORRÊA, P. C.; AFONSO JÚNIOR, P. C.; SILVA, F. S.; RIBEIRO, D. M. Qualidade dos grãos de café (*Coffea arabica* L.) durante o armazenamento em condições diversas. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, n. 7, p. 137-147, 2003. Especial Café.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GALLI, V.; BARBAS, C. Capillary eletrophoresis for the analysis of short-chain organic acids in coffee. **Journal of Chromatography**, v.1032, p. 299-304, 2004.

GINZ, M. B. H.; BRADBURY, A. M. H.; Formation of aliphatic acids by carbohydrate degradation during roasting of coffee. **European Food Research and Technology**, v. 211, p. 404-410, 2000.

HARRIS, R. L.; MILLER, A. Storing & Preserving green coffee - part 2. **Roast Magazine**, New York, p. 31-38, 2008.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Green coffee**: determination of loss in mass at 105°C: ISO 6673. Geneva, 1999, 17 p.

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.

LINGLE, T.R. The Coffee Cupper's Handbook: Systematic Guide to the Sensory Evaluation of Coffee's Flavor, fourth ed, Long Beach Californian, 2011, 66 p.

LOPES, L. M. V. Avaliação da qualidade de grãos de diferentes cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 25, p. 3-8, 2000. Especial 1.

MALTA, M. R.; PEREIRA, G. F. A.; CHAGAS, S. J. DE R. Condutividade elétrica e lixiviação de potássio do exsudado de grãos de café: Alguns fatores que podem influenciar essas avaliações. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 1015-1020, 2005.

MANAHAN, S.E. Environmental Chemistry. In: Manahan, S.E., The atmosphere and atmospheric chemistry. Boca Raton: CRC Press LLC. 2000, Chapter 9.

MARCOS FILHO, J.; SILVA, W. R. D. A.; NOVENBRE, A. D. C.; CHAMMA, H. M. C. P. Estudo comparativo de métodos para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, com ênfase ao teste de condutividade elétrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 12, p. 1805-1815, 1990.

MARQUES, E. R.; BORÉM, F. M.; PEREIRA, R. G. F. A.; BIAGGIONI, M. A. M. Eficácia do teste de acidez graxa na avaliação da qualidade do café-arábica (*Coffea arabica* L.) submetido a diferentes períodos e temperaturas de secagem. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1557-1562, 2008.

MUIR, W. E.; WHITE, N. D. G. Microorganisms in stored grain. In: MUIR, W. E. (Ed.). **Grain preservation systems**. [S.l.]: Manitoba, 2001. p. 28-42.

NOBRE, G. W.; BORÉM, F. M.; FERNANDES, S. M.; PEREIRA, R. G. F. A. Alterações químicas do café-cereja descascado durante o armazenamento. **Revista Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 1-9, 2007.

PRETE, C. E. C. **Condutividade elétrica do exsudato de grãos de café (*Coffea arabica* L.) e sua relação com a qualidade da bebida**. 1992. 125 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1992.

REINATO, C. H. R.; BORÉM, F. M.; SILVA, P. S. da; OLIVEIRA, E. C. Influência da secagem, em diferentes tipos de terreiro, sobre a qualidade do café ao longo do armazenamento. **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 48-60, 2007.

RIBEIRO, F. C.; BORÉM, F. M.; GIOMO, G. S.; LIMA, R. R.; MALTA, M. R.; FIGUEIREDO, L. P. Storage of green coffee in hermetic packaging injected with CO₂. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 47, p. 341-348, 2011.

RIGUEIRA, R. J. de A.; LACERDA, F. A. F. de; VOLK, M. B. S.; CECON, P. R. Armazenamento de grãos de café cereja descascado em ambiente refrigerado. **Engenharia na Agricultura**, Jaboticabal, v. 17, n. 4, p. 323-333, 2009.

RIVERA, J. Analysis of Organic and Mineral Acids in East African Coffees. **Internal Document**. Coffee Quality Institute, Long Beach, CA, 1999.

SANTOS, S. B. **DOS Biorefinaria de pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.): armazenamento, extração de óleo e produção sustentável de biodiesel com etanol**. 2011. 177p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

SHUNMUGAM, G., JAYAS, D.S., WHITE, N.D.G., MUIR, W.E. Diffusion of carbon dioxide through grain bulks. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 41, p. 131-144, 2005.

VIEIRA, G.; SILVA, J. N. DA; VILELA, E. R.; SILVA, J. DE S. E. Avaliação da qualidade de café beneficiado armazenado em silo com e sem aeração e em sacos de juta. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 75-90, 2001.

VILELA, E. R.; CHANDRA, P. K.; OLIVEIRA, G. A. DE Efeito da temperatura e umidade relativa no branqueamento de grãos de café. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, n. 1, p. 31-37, 2000. Edição Especial