



KARINA FARIA BARBOSA

**DIAGNÓSTICO DE DANOS MECÂNICOS NO
PROCESSAMENTO E BENEFICIAMENTO DE CAFÉ**

LAVRAS - MG

2023

KARINA FARIA BARBOSA

**DIAGNÓSTICO DE DANOS MECÂNICOS NO
PROCESSAMENTO E BENEFICIAMENTO DE CAFÉ**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a
obtenção do título de Bacharel.

Pesq. Dra. Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa

Orientadora

Dra. Janaína Guarieiro Ribeiro de Assis

Coorientadora

LAVRAS - MG

2023

**DIAGNÓSTICO DE DANOS MECÂNICOS NO PROCESSAMENTO E
BENEFICIAMENTO DE CAFÉ**

BANCA EXAMINADORA

Pesq. Dra. Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa
Orientadora

Dra. Janaína Guarieiro Ribeiro de Assis
Coorientadora

Ms. Fernando Augusto Sales Ribeiro
Avaliador Interno

**LAVRAS - MG
2023**

LISTA DE SIGLAS

| | |
|---------|--|
| ABIC | Associação Brasileira da Indústria de Café |
| CONAB | Companhia Nacional de Abastecimento |
| COB | Classificação Oficial Brasileira |
| EMBRAPA | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária |
| EPAMIG | Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais |

RESUMO

A qualidade do café se tornou uma característica muito importante, fortemente observada e exigida pelos consumidores no momento da aquisição do produto. Essa qualidade sofre variação em decorrência de atributos fisiológicos, químicos, bioquímicos, comprometendo a qualidade sensorial dos grãos. Tais variações podem ser causadas pelas operações da pós-colheita, pois os grãos são muito sensíveis a danos físicos, provocados nas etapas do beneficiamento. Frente a isso, um manejo adequado na cadeia produtiva do café do plantio até a pós-colheita é essencial para a obtenção de bebida de qualidade e com alto valor agregado, propiciando ao consumidor final uma experiência de qualidade e ao produtor rural, maiores ganhos com a atividade agrícola. Nesse contexto, o objetivo dessa pesquisa foi diagnosticar e analisar danos mecânicos durante o processamento e beneficiamento de cafés, identificando as etapas do processo mais prejudiciais. A pesquisa foi realizada no Laboratório Central de Sementes, do Setor de Sementes, da Universidade Federal de Lavras, no Laboratório de Pós-colheita, da EPAMIG, e na Cooperativa San Coffee. As coletas foram realizadas na fazenda Samambaia, localizada no município de Santo Antônio do Amparo, Minas Gerais. A cultivar selecionada foi Topázio e as amostras foram colhidas e coletadas no dia 24 de junho de 2021. As amostras foram coletadas em todos os pontos de fluxo do beneficiamento, totalizando 13 pontos de amostragem. Foram investigados danos mecânicos em grãos de café durante o processamento e o beneficiamento. As amostras de café foram submetidas à avaliação de danos imediatos após processados, sendo às avaliações físicas e fisiológicas, por meio dos seguintes testes e análises: teste de tetrazólio modificado, teste de hipoclorito de sódio realizado pelo método do LERCAFÉ, teste da condutividade elétrica e teste de lixiviação de potássio. Concluiu-se, que as operações antes da secagem causam menos danos aos grãos quando comparada às operações que compreendem as etapas de secagem ao ensaque. Foi observado também, que as fases de secagem em terreiro e a retirada do pergaminho na beneficiadora, são as etapas mais prejudiciais à qualidade dos grãos de café.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L. Danos físicos. Pós-colheita.

ABSTRACT

The quality of Coffee has become a very important feature, strongly observed and demanded by consumers when purchasing the product. This quality varies due to physiological, chemical and biochemical attributes, compromising the sensory quality of the grains. Such variations can be caused by post-harvest operations because the grains are very sensitive to physical damage caused in the processing stages. In view of this, proper management in the coffee production chain from planting to post-harvest is essential for obtaining a quality drink with high added value, providing the final consumer with a quality experience and the rural producer with greater gains with the agricultural activity. In this context, the objective of the research was to diagnose and analyze mechanical damage during the processing and processing of specialty coffees, identifying the most harmful stages of the process. The research was carried out at the Central Seed Laboratory, of the Seed Sector, at the Federal University of Lavras, at the Post-harvest Laboratory, at EPAMIG, and at Cooperativa San Coffee. The collections were carried out at the Samambaia farm, located in the municipality of Santo Antônio do Amparo, Minas Gerais. The selected cultivar was Topázio and the samples were harvested and collected on June 24, 2021. The samples were collected at all processing flow points, totaling 13 sampling points. Mechanical damage to coffee beans during processing and processing was investigated. The coffee samples were submitted to the evaluation of immediate damages after processing, being the physical, physiological and biochemical evaluations, through the following tests and analyses: modified tetrazolium test, sodium hypochlorite test carried out by the LERCAFE method, electrical conductivity and potassium leaching test. It was concluded that the operations before drying cause less damage to the grains when compared to the operations that comprise the stages of drying and bagging. It was also observed that the drying phases in the yard and the removal of the parchment in the processing plant are the most harmful steps to the quality of the coffee beans.

Keywords: *Coffea arabica* L. Physical damage. Post harvest.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| LISTA DE SIGLAS | 4 |
| RESUMO | 5 |
| ABSTRACT | 6 |
| SUMÁRIO..... | 7 |
| 1. INTRODUÇÃO | 9 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO | 10 |
| 2.1 Relevância do café no Brasil (Importância econômica, histórica e cultural) | 10 |
| 2.2 Qualidade e tipos de cafés | 11 |
| 2.3 Influência e relevância da etapa de processamento e beneficiamento | 12 |
| 2.3.1 Danos mecânicos e efeitos | 12 |
| 2.4 Avaliações da qualidade (físicas e fisiológicas) | 13 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS | 14 |
| 3.1 Caracterização do experimento..... | 14 |
| 3.2 Etapas do fluxo de pós-colheita | 14 |
| 3.3. Coleta e descrição das amostras de café..... | 15 |
| 3.4. Avaliações da qualidade | 17 |
| 3.4.1 Avaliações de danos mecânicos | 17 |
| 3.4.1.1 Teste de tetrazólio modificado | 17 |
| 3.4.1.2 Teste de hipoclorito de sódio/Lercafê | 18 |
| 3.4.2 Avaliação fisiológica..... | 18 |
| 3.4.2.1 Condutividade elétrica | 18 |
| 3.4.2.2 Lixiviação de potássio..... | 19 |
| 3.5 Delineamento experimental e análises estatísticas..... | 19 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 19 |

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 4.1 | Análise de danos mecânicos | 19 |
| 4.1.1 | Teste de Tetrazólio modificado | 19 |
| 4.1.2 | Teste de hipoclorito de sódio – Lercafé..... | 22 |
| 4.2 | Análises fisiológicas | 24 |
| 4.2.1 | Condutividade elétrica e lixiviação de potássio | 24 |
| 5 | CONCLUSÃO | 28 |
| | REFERÊNCIAS | 29 |

1. INTRODUÇÃO

Os métodos de processamento e beneficiamento de cafés vêm sendo amplamente observados, discutidos e otimizados, principalmente quando se fala de cafés considerados especiais e da qualidade da bebida, uma vez que essas etapas são influências diretas nos atributos e na produtividade. Quando essas etapas são bem manejadas, existe um aumento do valor agregado do produto, acarretando melhores características sensoriais e aromáticas, estabelecendo e elevando o padrão de qualidade do mercado e conseqüentemente, o padrão de consumo dos apreciadores da bebida.

Sendo o Brasil o país que mais produz e mais exporta cafés no mundo, se criou a necessidade de padronização que seria responsável por determinar a qualidade e a pontuação de cada café produzido, bem como determinar a precificação a ser estabelecida do café perante ao mercado e ao produtor rural. Algumas classificações são adotadas no Brasil, são elas: A Classificação da Associação Brasileira da Indústria de Café (ABIC), que instituiu selos de qualidade no café, e Classificação Oficial Brasileira (COB) que é a classificação mais utilizada em todo território nacional, e setoriza os grãos de acordo com a quantidade de defeitos do lote (TOSTATI, 2021).

Frente a isso, observa-se que determinadas etapas do fluxo de produção podem submeter os grãos a processos que os tornam susceptíveis a danos físicos, tendo algumas modificações químicas e bioquímicas, fazendo com que a qualidade da bebida diminua, acarretando um mercado menos competitivo, menos exportador, e fazendo com que o produtor não tenha lucro e rentabilidade desejável com a atividade, diminuindo a fortificação e a expansão dessa *commoditie*.

Portanto, observa-se a importância de diagnosticar os danos que podem ocorrer no fluxo do processamento de cafés, identificando em qual etapa do processo os efeitos são mais danosos para o grão, e uma vez que identificados, contribuir para a melhora na classificação e pontuação dos cafés, e conseqüente enriquecimento da avaliação do grão em atributos sensoriais.

Assim sendo, o objetivo da pesquisa foi diagnosticar danos durante o processamento, secagem e beneficiamento dos grãos de cafés, levantando as etapas de maiores riscos e seus efeitos perante a qualidade do café.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Relevância do café no Brasil (Importância econômica, histórica e cultural)

De acordo com Ferreira *et al* (2022), o agronegócio no Brasil tem se mostrado um dos segmentos econômicos mais evoluídos e propensos à capacidade de gerar riquezas e reduzir as desigualdades sociais. Atualmente, a cadeia produtiva brasileira é responsável pela maior parte das exportações e por em média 26% do PIB, apesar da crise instalada com a pandemia do COVID-19, deflagrada a partir do ano 2020.

O café é uma das culturas de maior importância econômica e social para o Brasil. Desde sua chegada ao país, em 1727, o café foi o principal gerador de riquezas e o produto mais importante da história nacional. O café continua sendo um importante gerador de divisas (US\$ 2 bilhões anuais, ou 26 milhões de sacas exportadas ao ano), contribuindo com mais de 2% do valor total das exportações brasileiras, e respondendo por mais de um terço da produção mundial (EMBRAPA, 2005).

Conforme aponta o quarto boletim da CONAB (2022) o levantamento da safra 2022 indica uma produção de 50.920,1 mil sacas de café beneficiado (arábica e conilon), o que representa um aumento de 6,7% em relação a 2021.

De acordo com a Embrapa (2023), a produção total de café, em nível mundial, prevista para a safra 2023-2024, foi estimada em um volume físico equivalente a 174,3 milhões de sacas de 60kg. Desse total previsto, 96,3 milhões de sacas são de café da espécie de *Coffea arábica* (café arábica), as quais correspondem a 55,2% do volume mundial, e, adicionalmente, 78 milhões de sacas da espécie de *Coffea canephora* (robusta+conilon), que equivalem a 44,8% da safra mundial.

Apesar da inegável importância do mercado, nos últimos anos, a redução da cota da exportação do produto provocou a necessidade de maior qualidade e redução de custos, para atender a demanda de consumidores cada vez mais exigentes. (COSTA; CARVALHO, 2006).

Dentre todos os setores da cafeicultura o setor sementeiro se destaca, pois da semente depende a qualidade das mudas e o estabelecimento de lavouras com potencial produtivo. A qualidade de sementes varia com as condições de produção, e o

desenvolvimento de métodos de avaliação da qualidade dessas sementes permite detectar com eficiência e rapidez as variações entre lotes. (COSTA e CARVALHO, 2006).

2.2 Qualidade e tipos de cafés

Sendo o Brasil o país que mais produz e mais exporta cafés no mundo, se criou a necessidade de padronização que seria responsável por determinar a qualidade e a pontuação de cada café produzido, bem como determinar a precificação a ser estabelecida do café perante o produtor rural. São adotadas Classificação da Associação Brasileira da Indústria de Café (ABIC), que instituiu selos de qualidade no café, e Classificação Oficial Brasileira (COB) que é a classificação mais utilizada em todo território nacional, e setoriza os cafés de acordo com a quantidade de defeitos do lote.

A Classificação da Associação Brasileira da Indústria de Café (ABIC) instituiu selos de qualidade no café, criando padrões de qualidade para o grão e estabelecendo cafés inferiores. Essa classificação se dá pela qualidade do grão torrado, sendo estabelecida uma escala de 0 a 10 pontos na pontuação global para cada café. A ABIC testa por conta própria os cafés comerciais e verifica a qualidade regularmente. As pontuações são: cafés com pontuação global mínima de 4,5 pontos são considerados tradicionais/extrafortes, cafés com pontuação global na faixa de 6,0 a 7,2 pontos são considerados superiores, e cafés com pontuação global acima de 7,3 pontos são considerados gourmet.

Já a Classificação Oficial Brasileira classifica grãos verdes, grãos da espécie Canéfora (Conilon e Robusta), além dos Arábicas (Catuaís, Mundo Novo, Arara etc.). Diferentemente das demais classificações, esta classificação identifica os defeitos dos grãos para posterior pontuação, e não exalta as qualidades. Esses defeitos podem ser originados pela presença de paus, cascas, grãos quebrados, brocados, ardidos, pretos, verdes, conchas, dentre outros. A classificação dos tipos de café por defeito é dada por: Tipo 2 – até 4 defeitos, Tipo 3 – até 12 defeitos, Tipo 4 – até 26 defeitos, Tipo 5 – até 46 defeitos, Tipo 6 – até 86 defeitos, Tipo 7 – Até 160 defeitos, e Tipo 8 – até 360 defeitos. A COB também avalia a peneira dos grãos (grãos chatos ou moca, cor dos grãos) e a qualidade da xícara, designada por Bebida Estritamente Mole, Bebida Mole, Bebida Apenas Mole, Bebida Dura, Bebida Riada, Bebida Rio e Bebida Rio Zona.

2.3 Influência e relevância da etapa de processamento e beneficiamento

A crescente exigência da qualidade e a redução de custos de produção estão levando produtores e pesquisadores a buscarem novas tecnologias. O sabor e o aroma do café são alguns dos principais atributos relacionados à sua qualidade.

A secagem promove simultaneamente a transferência de água da superfície do fruto para o ar circundante (BORÉM *et al.*, 2006; MARQUES *et al.*, 2008), que ocorre quando a pressão parcial de vapor na superfície do fruto é maior do que a no ar circundante (ATHIÉ *et al.*, 1998). Para obter-se um café de boa qualidade e um produto de bebida suave, deve-se manter a temperatura de secagem ao redor de 40°C na massa do café (BORÉM *et al.*, 2008).

A etapa de beneficiamento dos grãos de café consiste na remoção de todas as partes constituintes do fruto (exocarpo, mesocarpo e endocarpo) restando apenas o grão, e das etapas constituintes neste processo podem-se citar o recebimento, a limpeza, o descascamento e a seleção preliminar (ABREU, 2015).

Dessa forma, é importante que os danos causados pelas etapas de beneficiamento, secagem e processamento sejam identificados e avaliados, a fim de detectar em quais etapas estão as maiores causas desses danos.

2.3.1 Danos mecânicos e efeitos

No processamento e secagem do café, podem ocorrer transformações físicas, químicas, bioquímicas e fisiológicas (LELOUP *et al.*, 2004; SANTOS *et al.*, 2009). Acredita-se, que as transformações poderão provocar a desorganização das membranas celulares em condições inadequadas de secagem. Em vários estudos, tem-se verificado que as membranas celulares são particularmente suscetíveis a danos estruturais durante o processo de secagem (SENARATNA; MCKERSIE, 1986; GUIMARÃES *et al.*, 2002).

Danos físicos podem ocorrer aos grãos de café em todas as etapas do processamento e beneficiamento, sendo que danos mecânicos são considerados um dos mais relevantes durante o processo. Estes são causados principalmente por choques às superfícies mais rígidas que podem causar trincas, quebras, arranhões e até mesmo danos ao material (FESSEL *et al.*, 2003; OBANDO-FLOR *et al.*, 2004). De acordo com Bunzen

e Haese (2006), estes danos são considerados uma abertura para incidência de fungos durante a fase de armazenamento ocasionando assim perda de valor econômico.

2.4 Avaliações da qualidade (físicas e fisiológicas)

Durante a pós-colheita os grãos de café estão sujeitos ao estresse causado pelo beneficiamento, realizado mecanicamente para a remoção do pericarpo e endocarpo. Esta operação pode causar trincas ou danos latentes que serão evidenciados posteriormente no armazenamento. Estes danos mecânicos podem provocar a desestruturação de membranas celulares e desorganização celular, promovendo a redução na qualidade (AMORIM, 1978). Frente a isso, diversas análises são utilizadas para avaliar a qualidade de grãos de café e para aferir aspectos físicos, fisiológicos e bioquímicos

Alguns testes são utilizados para a avaliação de danos mecânicos em sementes, como o teste de tetrazólio, que tem sido utilizado para avaliar danos em sementes e grãos de café (RODRIGUES et al, 2015). Kühn e Jerchel, em 1941, descobriram que os sais de tetrazólio se reduzem nos tecidos vivos, resultando em um composto de cor vermelha. Quando a semente de soja é imersa na solução de tetrazólio, esta é difundida através dos tecidos, ocorrendo, nas células vivas, a reação de redução que resulta na formação de um composto vermelho, não-difusível, conhecido por formazan (FRANÇA NETO, 1988).

Em estudo realizado em sementes de café, Zonta *et al* (2008) verificou que o teste LERCAFÉ é eficiente para estimar a viabilidade das mesmas. Nesses estudos, os autores verificaram que determinadas concentrações de hipoclorito de sódio utilizadas como solução de embebição reagem com partes deterioradas do endosperma, ocorrendo o aparecimento de uma coloração verde nessas áreas. Assim, acredita-se poder utilizar o teste LERCAFÉ para detectar, por meio dessa coloração, diferentes tipos de danos encontrados em grãos.

Os grãos com membranas danificadas e mal estruturadas lixiviam maior quantidade de solutos e apresentam maiores índices de lixiviação de potássio e condutividade elétrica (KRZYZANOWSKY et al, 1991). A desorganização e o rompimento das membranas celulares causam o extravasamento dos ácidos graxos que estão situados dentro das células, causando reações oxidativas ou catalíticas que são extremamente prejudiciais ao grão de café (BORÉM,2008).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do experimento

A pesquisa foi realizada no Laboratório Central de Análise de Sementes - Setor de Sementes - Universidade Federal de Lavras (UFLA); no Laboratório de Pós-colheita - Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG); na Cooperativa Sancoffee Brasil e na Fazenda Samambaia, sendo ambas localizadas no município de Santo Antônio do Amparo, estado de Minas Gerais.

A fim de atender ao objetivo proposto, foram realizadas análises de danos físicos em grãos de cafés durante as etapas de processamento e beneficiamento. Tanto na primeira etapa de processamento, que é realizada internamente na fazenda, quanto na segunda etapa de beneficiamento, desempenhada na Cooperativa de cafés especiais, amostras foram coletadas com a finalidade de se obter vasto banco de dados sobre o quanto cada equipamento ou maquinário pode influenciar na qualidade final do café especial.

Os cafés utilizados foram fornecidos pela Fazenda Samambaia e a cultivar selecionada foi a Topázio MG1190. Nesse cenário, no dia 25 de junho de 2021 foram obtidas 13 amostras colhidas e coletadas. Após toda etapa de beneficiamento ter sido realizada na fazenda, das 13 amostras, 8 amostras seguiram destino à Lavras, e 5 amostras foram remetidas à Sancoffee para a segunda etapa de beneficiamento, na qual a coleta e retirada destes grãos foi realizada no dia 22 de julho de 2021.

3.2 Etapas do fluxo de pós-colheita

Após a colheita, os frutos foram lavados, descascados e passados por máquinas, equipamentos, e secagem em terreiro, conforme descrição abaixo.

Lavador: o lavador-separador de café promove a remoção de impurezas do café colhido, tais como gravetos, terra e pedras, e a separação dos grãos por densidade. O café é processado inicialmente em peneira vibratória, que elimina parte das impurezas e,

posteriormente, passa por separação hidráulica, que separa o café cereja e verde do café bóia, eliminando as demais impurezas.

Descascador: trata-se do maquinário formado por um conjunto de navalhas metálicas giratórias e fixas que removem a casca do café e segregam os frutos verdes.

Desmucilador: máquina que promove a remoção mecânica da mucilagem do café cereja-descascado, por meio da fricção utilizando água para lubrificação e lavagem dos grãos.

Centrífuga: extrai de forma instantânea o excesso de líquidos externos ao grão de café.

Secagem em terreiro: após as etapas citadas anteriormente, o café é esparramado e seco em terreiro convencional, durante 14 dias e revolvido por meio de motocicleta.

Beneficiadora: máquina responsável pela retirada do pergaminho de forma mecânica que têm por princípio a fricção dos grãos em uma peça com furos de bordos cortantes e, posteriormente o café é selecionado seguindo critérios de qualidade.

Após o beneficiamento, os grãos de café foram encaminhados para a Sancoffee, onde passaram por uma segunda etapa, conforme o fluxo de máquinas descrito abaixo.

Catador de pedras: as impurezas mais pesadas que os cafés são eliminados por um sistema “airfloat”.

Mesa densimétrica: atua com base na separação por diferença de densidade, sendo constituída por uma mesa perfurada e escamada, sobre a qual um colchão de ar estratifica a massa de grãos de café que flui sobre ela, permitindo que os grãos de maior densidade permaneçam próximos a mesa.

Máquina de cor: propicia a seleção eletrônica complementar, onde os grãos defeituosos são identificados pela cor e posteriormente eliminados.

3.3. Coleta e descrição das amostras de café

As amostras foram coletadas em 8 pontos de fluxo do beneficiamento na Fazenda Samambaia (A até H), e 5 pontos de fluxo de processamento na Sancoffe (J até N), com amostras provenientes da mesma localidade, totalizando 13 pontos de amostragem. Vale

ressaltar, que as amostras coletadas nas etapas de re-beneficiamento da Sancoffe também passaram pela etapa de beneficiamento da Fazenda Samambaia.

Após a coleta dos cafés do tipo Cereja Descascado, parte das amostras (A até E – lavador até secagem em terreiro), foram beneficiadas à mão para avaliação de danos físicos causados em cada etapa do fluxo. Os pergaminhos foram retirados manualmente, a fim de que os danos dos grãos não fossem potencializados nessas etapas, com o intuito de não influenciar as fases posteriores. As demais amostras (F até N), foram coletadas já beneficiadas.

Figura 1 - Fluxo de beneficiamento do café na Fazenda Samambaia e Cooperativa Sancoffee.

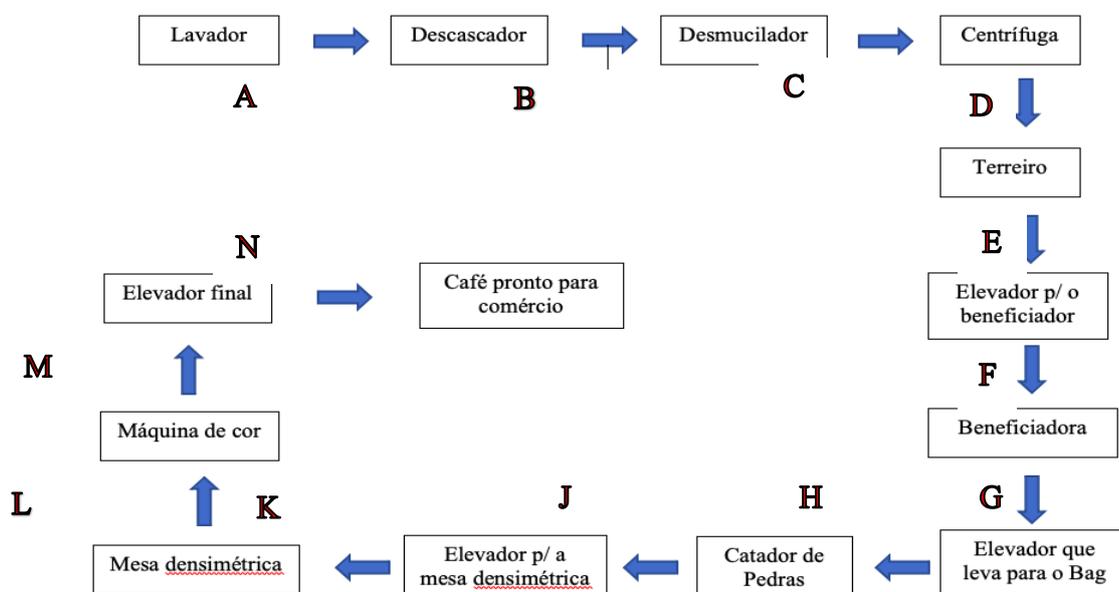


Tabela 1 – Descrição dos tratamentos

| Amostra | Localização Etapa do Processamento | Especificação do equipamento |
|----------------|---|---|
| A | Lavador | Fabricante: Monte Alegre; Capacidade: 2.000 l/h; 2018 |
| B | Descascador | Fabricante: Penagos; Capacidade: 6.000 l/h; 2018 |
| C | Desmucilador | Fabricante: Penagos; Capacidade: 6.000 l/h; 2018 |
| D | Centrífuga | Fabricante: Origem do Brasil; 20.000 l/h; 2018 |

| | | |
|---|------------------------------|--|
| E | Secagem em terreiro | Terreiro de asfalto |
| F | Elevador 1 | Elevador de canecas que transporta os grãos para a beneficiadora |
| G | Beneficiadora | Fabricante: Pinhalense; Capacidade: 25 a 35 sacos/hora; 2018 |
| H | Elevador 2 | Elevador de canecas que transporta os grãos para o ensaque |
| J | Catador de pedras | Fabricante: Pinhalense |
| K | Elevador 3 | Elevador de canecas que transporta os grãos para a mesa densimétrica |
| L | Mesa densimétrica | Fabricante: Pinhalense |
| M | Máquina de separação por cor | Fabricante: Selgrom; Modelo: AlfaScan II |
| N | Elevador 4 | Elevador de canecas que transporta os grãos para o ensaque |

3.4. Avaliações da qualidade

As amostras coletadas antes e após processamento e beneficiamento, onde supostamente podem ocorrer danos mecânicos aos grãos de café, foram submetidas às avaliações físicas e fisiológicas.

As amostras dos cafés foram transportadas para o Laboratório Central de Sementes (UFLA) e Laboratório de Pós-colheita (EPAMIG), onde foram submetidas às avaliações, por meio dos testes e análises descritas a seguir.

3.4.1 Avaliações de danos mecânicos

3.4.1.1 Teste de tetrazólio modificado

O teste foi realizado utilizando-se três repetições de 15 grãos, totalizando 45 grãos em cada tratamento. Foi utilizada a metodologia proposta por Delouche *et al.*, (1976), com modificações. Inicialmente, os grãos foram embebidos por 24h em água a 30°C, para facilitar a remoção da película prateada (endocarpo). Após este tempo, os grãos foram

embebidos em solução de tetrazólio 1% utilizando frascos escuros e mantidos à temperatura de 30°C por 24 horas. A concentração do sal de tetrazólio e o tempo de embebição foram determinados através da realização de pré-testes.

Os resultados foram obtidos por meio da escala de intensidade de coloração, entre 0 e 5, em que: 0 = não houve coloração; 1 = 25% do grão colorido; 3 = 50% do grão colorido; 4 = 75% do grão colorido e 5 = 100% do grão colorido

Os dados foram ponderados aplicando-se a fórmula descrita por McKinney (1923).

$$IC (\%) = [\sum(f.v)/[n.x]*100$$

Em que, IC = Intensidade de coloração; f = número de grãos com determinada nota; v = nota observada; n = número total de grãos avaliados; x = grau máximo de intensidade na escala.

3.4.1.2 Teste de hipoclorito de sódio/Lercaf 

O teste de hipoclorito foi realizado pelo método do LERCAF  (2004) modificado. A metodologia do teste consiste na realiza o de três repeti es de cada tratamento contendo 15 grãos, que foram imersos em hipoclorito de sódio 2,5% em caixas do tipo *gerbox* e acondicionadas em BOD's a 25°C por 3 horas. Após esse período, os grãos foram lavados com água corrente por 40 segundos e imersos em água destilada por 40 minutos.

Para a avalia o dos resultados do teste de hipoclorito de sódio, foi utilizado o mesmo método de avalia o descrito por McKinney (1923) para o teste de tetrazólio modificado.

3.4.2 Avalia o fisiológica

3.4.2.1 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica dos grãos crus foi determinada adaptando-se a metodologia proposta por Krzyzanowsky *et al.* (1991). Foram utilizadas duas repeti es de 50 gr os de cada parcela, 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 para 25°C, por cinco horas e em seguida procedeu-se à leitura da condutividade elétrica da solução de embebição, em aparelho Digimed CD-20. Com os dados obtidos foi calculada a condutividade elétrica e os resultados expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de grãos.

3.4.2.2 Lixiviação de potássio

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

3.5 Delineamento experimental e análises estatísticas

Para a análise dos resultados de danos mecânicos em cada ponto de amostragem do fluxo de beneficiamento e processamento, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado. Para as análises do teste de tetrazólio e de hipoclorito, foram usadas três repetições de 15 sementes. Para análise dos dados de Condutividade Elétrica, Lixiviação de Potássio, foi utilizado o mesmo delineamento inteiramente casualizado, porém com duas repetições de 50 sementes. Para a comparação das médias utilizou-se o teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise de danos mecânicos

4.1.1 Teste de Tetrazólio modificado

Após os resultados de variância do teste de tetrazólio e posteriores análises, identifica-se implicações significativas dos fatores de processamento e beneficiamento, na variável resposta a intensidade de danos.

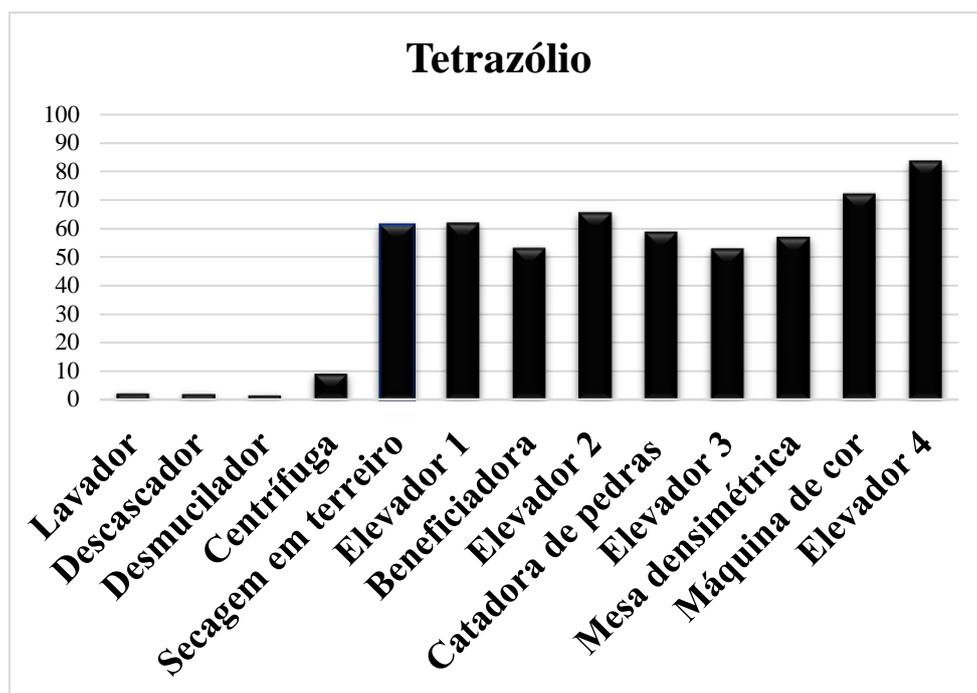
Observa-se que os danos se acentuam ao longo das etapas de beneficiamento, com um considerável aumento a partir da etapa de secagem em terreiro, conforme evidencia a tabela 2 e a figura 2. As duas últimas etapas exibiram as maiores porcentagens de grãos danificados, apresentando respectivamente 71,96% e 83,4%, sendo estatisticamente semelhantes.

Tabela 2 - Intensidade de danos mecânicos, avaliada no teste de tetrazólio, em grãos de café coletados no fluxo de processamento e beneficiamento.

| TRATAMENTO | DANOS MECÂNICOS (%) | DANOS DIFERENCIAIS (%) |
|----------------------------|------------------------|---------------------------|
| LAVADOR | 2,22 A | |
| DESCASCADOR | 2,21 A | 0,42 |
| DESMUCILADOR | 1,66 A | -0,56 |
| CENTRÍFUGA | 9,20 A | 2,65 |
| SECAGEM EM TERREIRO | 61,15 B | 7,15 |
| ELEVADOR 1 | 61,96 B | 1,94 |
| BENEFICIADORA | 53,20 B | 0,69 |
| ELEVADOR 2 | 65,63 B | 3,47 |
| CATADOR DE PEDRAS | 58,86 B | 0 |
| ELEVADOR 3 | 53,06 B | 0 |
| ELEVADOR 4 | 57,10 B | 1,99 |
| MÁQUINA DE COR | 71,96 C | 3,63 |
| ELEVADOR 5 | 83,40 C | 3,84 |
| CV (%) | 16,64 | |

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

Figura 2 – Intensidade de danos mecânicos, avaliada no teste de tetrazólio, em grãos de café coletados no fluxo de processamento e beneficiamento.



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

O teste de tetrazólio é um teste bioquímico, que se enquadra como uma alternativa promissora devido a rapidez e a eficiência na determinação da viabilidade, do vigor e da deterioração por umidade. Ele baseia-se na atividade das enzimas desidrogenases as quais catalizam as reações respiratórias no interior das mitocôndrias, durante a glicólise e o ciclo de Krebs (FOGAÇA *et al.*, 2011).

Estas enzimas, reduzem o sal de tetrazólio nos tecidos vivos, por meio da liberação de íons de hidrogênio que reagem com o sal 2, 3, 5 trifenil cloreto de tetrazólio, formando um composto não difusível de cor vermelha, chamado de trifênilformazan. (DELOUCHE *et al.*, 1976). Essa reação ocorre nos tecidos vivos dos embriões de café, indicando que as enzimas desidrogenases estão ativas, e conseqüentemente que há atividade respiratória nas mitocôndrias.

No teste de tetrazólio, a intensidade da coloração é um aspecto muito importante a ser observado. Caso alguns tecidos forem coloridos mais rapidamente do que os tecidos normais, pode-se inferir que há a presença de tecidos enfraquecidos e deteriorados. Já quando há coloração mais intensa, em tons mais escuros que os tecidos normais, pode-se constatar que há também um envelhecimento adicional ao elemento em observação, causando assim uma coloração mais forte.

Nesse sentido, inferindo a mesma interpretação acima sobre o teste de tetrazólio em embriões de café ao endosperma dos grãos, é possível afirmar que os lotes de grãos

de cafés que apresentam endosperma com coloração vermelho intenso podem refletir uma condição de estresse pela qual o grão possa ter sido submetido

O teste de tetrazólio evidencia ainda que, à medida que o café avança no fluxo do beneficiamento, ocorrem danos mais intensos que se acumulam e o último elevador que leva ao ensaque dos grãos apresenta os maiores percentuais de danos.

A tabela 2 também apresenta alguns valores diferenciais negativos, que provavelmente se mostraram devido à pequenas desuniformidades de tamanho na massa de grãos, evidenciando que os acúmulos de danos nos grãos de café durante o fluxo não ocorrem de maneira constante.

É importante ressaltar que não foram recolhidas amostras oriundas de todos os elevadores presentes no fluxo de beneficiamento da fazenda. Por isso, danos provenientes dos elevadores não amostrados estão acumulados aos danos dos equipamentos amostrados.

4.1.2 Teste de hipoclorito de sódio – Lercafé

O teste Lercafé tem se mostrado alternativa promissora para avaliações em sementes de café, uma vez que é um teste rápido, barato, de fácil execução e avaliação, apresenta baixo custo e requer pequena demanda de mão-de-obra. Além de estimar rapidamente a viabilidade, este teste também pode ser utilizado para verificação da incidência de danos nas sementes. Esta avaliação rápida é possível, uma vez que o hipoclorito de sódio, em determinadas concentrações, reage nas áreas mortas ou lesionadas do endosperma das sementes de café, fazendo com que o tecido, nessas condições, assumam coloração esverdeada.

De acordo com a ANAVA da intensidade de danos mecânicos avaliada por meio do teste de hipoclorito de sódio, também sofreu efeito significativo nas diferentes etapas do beneficiamento. Frente aos dados apresentados na tabela 3 e figura 3, coletados pela avaliação dos resultados do teste Lercafé, há um evidente aumento de danificação, ocorrido na etapa de desmucilagem, na qual não foi detectado pelo teste de tetrazólio. Além disso, as amostras coletadas a partir da secagem apresentaram uma elevação na intensidade de danos, permanecendo sem diferenças significativas até o ensaque.

De acordo com a tabela a seguir, também se observa que os danos se potencializam com o decorrer das etapas de beneficiamento. O aumento significativo de

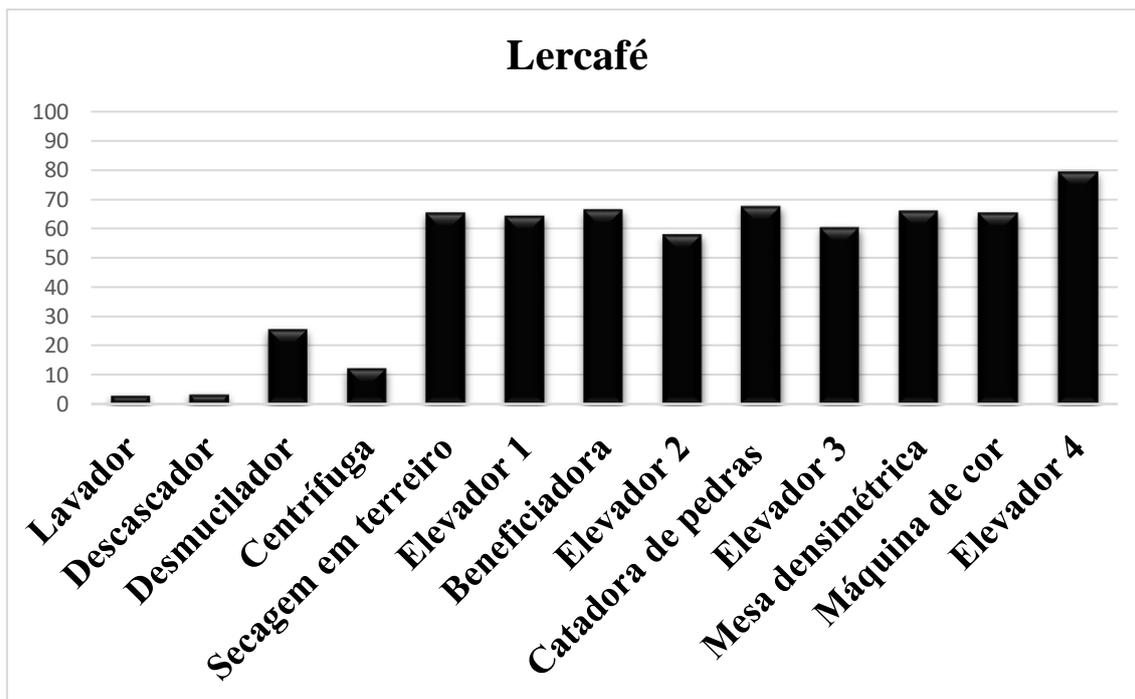
danos na etapa de secagem em terreiro, pode ser explicado pela grande movimentação de motocicletas utilizadas com a finalidade de revolvimento do grão para melhor uniformidade de secagem, e recolhimento dos cafés após a conclusão da mesma, gerando atrito do grão com o solo, possibilitando o surgimento de novos e intensos danos físicos no grão.

Tabela 3 - Intensidade de danos mecânicos, avaliada no teste de hipoclorito de sódio (Lercafê), nos grãos de café coletados no fluxo de processamento e beneficiamento.

| TRATAMENTO | DANOS (%) | DANOS DIFERENCIAIS (%) |
|----------------------------|-----------|------------------------|
| LAVADOR | 2,77 A | |
| DESCASCADOR | 3,33 A | 1,03 |
| DESMUCILADOR | 25,53 B | 4,66 |
| CENTRÍFUGA | 12,33 A | -13,21 |
| SECAGEM EM TERREIRO | 65,33 C | 7,24 |
| ELEVADOR 1 | 64,33 C | 1,56 |
| BENEFICIADORA | 66,5 C | 1,76 |
| ELEVADOR 2 | 57,83 C | 0 |
| CATADOR DE PEDRAS | 67,53 C | 3,04 |
| ELEVADOR 3 | 60,23 C | 0,38 |
| MESA DENSIMÉTRICA | 65,96 C | 2,12 |
| MÁQUINA DE COR | 65,33 C | 1,82 |
| ELEVADOR4 | 79,23 C | 3,56 |
| CV (%) | 17,58 | |

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

Figura 3 – Intensidade de danos mecânicos, avaliada no teste Lercafê, nos grãos de café coletados no fluxo de processamento e beneficiamento.



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

4.2 Análises fisiológicas

4.2.1 Condutividade elétrica e lixivia o de potássio

A condutividade elétrica baseia-se no princípio de que com o avanço do processo de deteriora o das sementes, há perda na integridade dos sistemas de membranas da célula, aumentando, assim, sua permeabilidade e, conseqüentemente, a lixivia o de eletrólitos. Assim, o teste se baseia na medi o da quantidade de eletrólitos liberados pela semente na água de embebi o. Essa quantidade   diretamente proporcional ao grau de desorganiza o da membrana plasmática e de sua permeabilidade (KRZYZANOWSKI et al., 1999). Quanto menores os valores de condutividade elétrica, menor deteriora o e melhor qualidade do café.

Já o princípio do teste de lixivia o de potássio   semelhante ao do teste de condutividade elétrica, no entanto, objetiva-se determinar a quantidade de íons de potássio liberada pelas sementes durante a imersão (DIAS; MARCOS-FILHO, 1995).

Oliveira (2010), em estudos com microscopia eletrônica de varredura, observou que os gr os de cafés com maior qualidade apresentaram maior integridade de membrana celular, sem sinais de ruptura, com menor contra o celular e espaços intracelulares

vazios, enquanto os grãos com qualidade inferior mostraram rupturas e extravasamentos celulares evidentes.

A manutenção da integridade das membranas celulares é um forte indicativo de que a qualidade do café foi preservada na pós-colheita. Entretanto, o rompimento das membranas citoplasmáticas tem como consequência a liberação de ácidos graxos que estavam dentro da célula. Dessa forma, podem ocorrer reações catalíticas ou oxidativas, resultando em produtos não desejados que prejudicam a qualidade sensorial do café (BORÉM, 2008).

Com os resultados dos testes de condutividade elétrica e de lixiviação de potássio, foi observado um aumento considerável dos valores em duas importantes etapas do processamento (Tabela 4 e Tabela 5), sendo elas, a secagem em terreiro (E) e beneficiamento (G). Os maiores valores foram identificados nas etapas finais, indicando também que os danos são cumulativos durante o fluxo. E, em contrapartida, os menores valores de ambos os testes foram registrados nas etapas iniciais do processamento (lavador, desmucilador e centrífuga).

A máquina beneficiadora do café, responsável pela remoção do pergaminho, possui um cilindro que se aloja em uma calha com fundo confeccionado em chapas perfuradas que retém os frutos não descascados, mas possibilita a passagem de cascas, pergaminhos, películas e grãos descascados. Um fluxo de ar incide sobre os materiais, arrastando os mais leves e separando os não beneficiados. Essa movimentação dos grãos pode explicar o motivo do aumento dos valores de condutividade elétrica na etapa de benefício (G).

O tratamento A (pós lavagem), registrou os menores valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio entre as operações.

Estes resultados confirmam os dados obtidos nos testes de tetrazólio modificado e de hipoclorito de sódio (Lercafê), que indicaram menores porcentagens de danos físicos nos tratamentos iniciais e maiores nos tratamentos finais.

Tabela 4 - Condutividade elétrica em grãos de café coletados no fluxo de processamento e beneficiamento (tratamentos A até N).

| TRATAMENTOS | |
|-------------|--------|
| LAVADOR | 7,96 A |

| | |
|----------------------------|----------|
| DESCASCADOR | 66,95 D |
| DESMUCILADOR | 65,00 D |
| CENTRÍFUGA | 34,66 B |
| SECAGEM EM TERREIRO | 51,48 C |
| ELEVADOR 1 | 55,60 C |
| BENEFICIADORA | 98,38 F |
| ELEVADOR 2 | 99,77 F |
| CATADOR DE PEDRAS | 106,25 F |
| ELEVADOR 3 | 91,62 E |
| MESA DENSIMÉTRICA | 95,67 E |
| MÁQUINA DE COR | 100,89 F |
| ELEVADOR4 | 102,67 F |
| CV | 4,00% |

*Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tabela 5 - Lixiviação de potássio (ppm.g-1 de amostra) nos grãos de café coletados no fluxo de processamento e beneficiamento.

| TRATAMENTOS | |
|--------------------|---------|
| A | 6,77 A |
| B | 36,39 D |
| C | 25,62 C |
| D | 14,38 B |
| E | 23,66 C |
| F | 23,92 C |
| G | 36,97 D |
| H | 40,35 D |
| J | 45,36 D |
| K | 42,92 D |
| L | 38,06 D |
| M | 38,72 D |
| N | 41,97 D |
| CV | 9,70% |

*Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Portanto, com o objetivo de diagnosticar danos durante o processamento, secagem e beneficiamento dos grãos de cafés, levantando as etapas de maiores riscos e seus efeitos perante a qualidade, esta investigação conclui que há muitos tipos de danos, tanto na secagem como no beneficiamento do fruto, que influenciam diretamente na qualidade do produto, devendo ser conhecidos e evitados pelos produtores, objetivando uma produção final com a qualidade requerida.

5 CONCLUSÃO

Após análises físicas e fisiológicas, pôde-se concluir pelo presente trabalho que as etapas da pós-colheita, (processamento, secagem e beneficiamento) de cafés causam danos mecânicos aos grãos, reduzindo sua qualidade e conseqüentemente seu valor agregado.

De acordo com os resultados, as maiores incidências de danos foram identificadas nas etapas finais, indicando também que os danos são cumulativos durante o fluxo.

As etapas de maiores quantificações de danos foram as etapas de secagem em terreiro, e, no beneficiamento, na retirada do pergaminho

Portanto, conclui-se que há danos, tanto na secagem como no beneficiamento dos grãos de café, que influenciam diretamente na qualidade do produto devendo ser conhecidos e evitados pelos produtores, com vistas a uma produção final com a qualidade requerida.

REFERÊNCIAS

ABREU, G. F. de. **Aspectos sensoriais, fisiológicos e bioquímicos de grãos de café armazenados em ambiente refrigerado**, Lavras: UFLA, 2015. 162p. (Dissertação Mestrado em Engenharia Agrícola).

ATHIÉ, I.; CASTRO, M.F.P.M.; GOMES, R.A.R.; VALENTIN, S.R. de T. **Conservação de Grãos**. Campinas: Fundação Cargil, 1998. 236p.

BORÉM, F. M. et al. Avaliação sensorial do café cereja descascado, armazenado sob atmosfera artificial e convencional. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 6, p. 1724-1729, 2008.

CARVALHO, D. et al. Eletroforese de proteínas e isoenzimas em sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. (leguminosae caesalpinioideae) envelhecidas artificialmente. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n.1, p. 19-24, 2006.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileiro**. v-6- Safra 2020, n-1- Primeiro levantamento, Brasília. p. 1-62, janeiro 2020.

CONSELHO DOS EXPORTADORES DE CAFÉ DO BRASIL. Disponível em <https://www.cecafe.com.br/publicacoes/relatorio-de-exportacoes/> Acesso em 10 de maio de 2021.

COSTA Paula de Souza Cabral e 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**. 2006, v. 30, n. 1. p. 92-96. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542006000100013>. Epub 18 Ago 2008. ISSN 1981-1829. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542006000100013>. Acesso em: 14 Ju. 2023.

DELOUCHE, DELOUCHE, J.C.; STILL, T.W.; RASPET, M. & LIENHARD, M. O teste de tetrazólio para viabilidade da semente. Trad. de Rávio Rocha. Brasília, AGIPLAN, 1976. 103p.

EMBRAPA. **A importância do café nosso de todos os dias**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/17987068/a-importancia-do-cafe-nosso-de-todos-os-dias> Acesso em 10 maio 2023.

FERREIRA, I. C.; SILVA, J. C. L. da; FREITAS NETO, L. B. de.; SANTOS, T. J. L.; CARVALHO, J. C. de A. A contribuição e relevância do agronegócio para o Brasil. **Revista do CEDS**, [S. l.], v. 2, n. 10, 2022. Disponível em: <https://periodicos.undb.edu.br/index.php/ceds/article/view/16>. Acesso em: 14 jul. 2023.

FESSEL, S. A.; SADER, R.; PAULA, R. C.; GALLI, J. A. Avaliação da qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de milho durante o beneficiamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, n. 2, p.70-76, 2003.

FOGAÇA, Cristiane Alves et al. Teste de tetrazólio em sementes de *Copaifera langsdorffii* e *Schizolobium parahyba*, **Floresta**, Curitiba PR, V. 41, n. 4, p. 895-904, out-dez. 2011. Disponível em: Acesso em 20 jun. 2023.

FRANÇA NETO, J. B.; et al. **Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de soja**. Londrina, EMBRAPA-CNPSo., 1988. Disponível em https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=METODOLOGIA+DO+TESTE+DE+TETRAZ%C3%93LIO+EM+SEMENTE+DE+SOJA&btnG= Acesso em: 10 jul. 2023.

J.B FRANÇA NETO and F.C KRZYZANOWSKI. Tetrazólio: um teste de importância para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes. **Journal of Seed Science**. v.41, n.3, p.359- 366, 2019.

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.

MORAES, M. A C. Métodos para avaliações sensoriais dos alimentos. 8 ed. Campinas, SP. Unicamp, 1993. 93 p.

OBANDO-FLOR, E. P.; CICERO, S. M.; FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSK, F. C. Avaliação de danos mecânicos em sementes de soja por meio da análise de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n. 1, p. 68-76, 2004.

OLIVEIRA, P. D. Aspectos ultraestruturais e fisiológicos associados à qualidade da bebida de café arábica submetido a diferentes métodos de processamento e secagem. 2010. 109 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

PEREIRA RGFA, VILELLA TC & ANDRADE ET (2002) Composição química de grãos de café (*Coffea arabica* L.) submetidos a diferentes tipos de pré-processamento. In: 2o Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Vitória, Anais..., p. 826-831.

RIBEIRO, Karem Cristina de Sousa e SOUSA, Almir Ferreira de e ROGERS, Pablo. Preços do café no Brasil: variáveis preditivas no mercado à vista e futuro. **Revista de Gestão USP**, v. 13, n. ja/mar. 2006, p. 11-30, 2006 Tradução. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/491ec374-c290-4a83-8ab2-8291f5251af7/1551508.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2023.

SILVA, JS. Colheita, secagem e armazenagem do café. In: Zambolim, L. (ed.). I encontro sobre produção de café com qualidade. Viçosa, UFV. p.39-80, 1999.

SOUZA SMS (2000) Produção de café de qualidade: II – Colheita, preparo e qualidade do café. Lavras, EPAMIG, 4p.

SOUZA, E.M.C. de. O café (*Coffea arabica* L.) na região Sul de Minas Gerais: relação da qualidade com fatores ambientais estruturais e tecnológicos. Lavras: UFLA, 1996. 171p. Tese (Doutorado).

TOSTATI. As Classificações brasileiras de cafés. Disponível em: <https://www.tostati.com.br/blog/as-classificacoes-brasileiras-de-cafes/> Acesso em: 11 jul. 2023.

ZONTA, J. B.; et al. Teste lercafé para sementes de cafeeiro com diferentes teores de água. **Rev. bras. sementes** 32 (1), 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000100002> Acesso em: 10 jul. 2023.

ZORZAL, A.Z. **Teste do tetrazólio para estimativa da viabilidade de sementes.** **Natureza online** – Revista Científica da Escola Superior de São Francisco de Assis. Espírito Santo. 2015. p. 149.