



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS



MIRIANA ALEXANDRINA SATURNINO SILVA

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA FERMENTAÇÃO NA TORRA DE
CAFÉS ESPECIAIS**

PATOS DE MINAS - MG

2023



MIRIANA ALEXANDRINA SATURNINO SILVA



ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA FERMENTAÇÃO NA TORRA DE CAFÉS ESPECIAIS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à faculdade de Engenharia de
Química da Universidade Federal de
Uberlândia como requisito parcial para
obtenção do título de bacharel em
Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Líbia Diniz
Santos.

PATOS DE MINAS - MG

2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Faculdade de Engenharia Química

Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 1K - Bairro Santa Mônica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902

Telefone: (34) 3239-4285 - secdireq@feq.ufu.br - www.feq.ufu.br



HOMOLOGAÇÃO Nº 84

MIRIANA ALEXANDRINA SATURNINO SILVA

Estudo da influência da fermentação na torra de cafés especiais

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado nesta data para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) - *campus* Patos de Minas (MG) pela banca examinadora constituída por:

Prof.^a Dr.^a Líbia Diniz Santos
Orientadora - UFU

Bel.^a Gisele Xavier Ribeiro Costa
UFU

Eng.^a André Parrillo Martins de Oliveira
Dom Chás e Cafés

Patos de Minas, 13 de fevereiro de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Gisele Xavier Ribeiro Costa, Usuário Externo**, em 13/02/2023, às 15:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Libia Diniz Santos, Presidente**, em 13/02/2023, às 15:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **André Parrillo Martins de Oliveira, Usuário Externo**, em 13/02/2023, às 16:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4251860** e o código CRC **07B1A473**.

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo amor, por me guiar e iluminar a minha vida nos momentos difíceis, me permitindo ter força e coragem para seguir.

Agradeço e dedico o presente trabalho a minha mãe, por todo o apoio e por ter sido minha base nessa caminhada longa e árdua, você me inspira todos os dias e sou extremamente grata por ter você em minha vida. À minha irmã, Gleiciane, por me apoiar em todos os momentos.

Ao meu namorado por todo amor, compreensão, paciência e incentivo nessa etapa.

Aos meus amigos, que sempre me apoiaram, me inspiraram e me deram forças para continuar a minha trajetória.

Agradeço à família Inovatos e ao Movimento Empresa Júnior, por tornarem a trajetória do curso mais leve e por me apresentarem pessoas incríveis e amigos que levarei para a vida toda. Obrigada por me ajudar a descobrir o meu propósito como pessoa e profissional.

Este trabalho não seria possível sem a ajuda fundamental da minha orientadora professora Dr^a Líbia Diniz Santos, cuja dedicação e conhecimento compartilhados comigo foram de extrema importância para a conclusão deste projeto.

Agradeço também aos membros da banca examinadora, por terem aceitado o convite

Agradeço, também, aos meus professores pelo ensinamento e por todo o apoio quando necessário.

Agradecimentos ao Produtor Rural Décio Bruxel, aos órgãos de fomento, FAPEMIG (APQ 04267-22), FAPESP (2021/06968-3), CNPq e CAPES por proporcionar o desenvolvimento da pesquisa e ajudar no conhecimento in loco.

A todos meu muito obrigada!!!

RESUMO

O café pertence ao gênero *Coffea* na família *Rubiaceae*, com *Coffea arábica* e *Coffea canephora* sendo as espécies mais cultivadas. O café é uma das bebidas mais consumidas no mundo, com o Brasil sendo o maior produtor e exportador. Durante o processamento do café, por via úmida ou seca, ocorrem processos fermentativos que levam a alterações físicas e químicas como redução no teor de água e açúcares, além do desenvolvimento dos precursores responsáveis pelo aroma e sabor, atuando de forma direta na melhoria da qualidade da bebida e agregando valor ao produto final. O processo de torrefação resulta em mudanças físicas e químicas complexas nos grãos de café, contribuindo para suas propriedades sensoriais desejáveis. O desenvolvimento da cor marrom é principalmente devido às reações de Maillard, que também contribuem para a formação de outros importantes compostos aromáticos e antioxidantes. O nível de torra dos grãos de café afeta diretamente sua qualidade sensorial. Os testes realizados demonstraram que a fermentação não influencia diretamente na formação da cor do café. Na avaliação sensorial atributos como uniformidade, xícara limpa e doçura não foram afetados pelos diferentes modos de fermentação. Atributos como corpo e acidez foram influenciados de forma direta pela fermentação. De modo geral, a torra média e maiores tempos de fermentação valorizaram as características da bebida.

Palavras-chave: Análise sensorial. Fermentação. Torrefação.

ABSTRACT

Coffee belongs to the *Coffea* genus in the *Rubiaceae* family, with *Coffea arabica* and *Coffea canephora* being the most cultivated species. Coffee is one of the most consumed beverages in the world, with Brazil being the largest producer and exporter. During coffee processing, whether wet or dry, fermentation processes occur that lead to physical and chemical changes such as a reduction in water and sugar content, in addition to the development of precursors responsible for the aroma and flavor, acting directly on improving quality beverage and adding value to the final product. The roasting process also results in complex physical and chemical changes in the coffee beans, contributing to their desirable organoleptic properties. The development of the brown color is mainly due to Maillard reactions, which also contribute to the formation of other important aromatic compounds and antioxidants. The level of roasting of coffee beans directly affects their sensory quality. The tests carried out showed that fermentation does not directly influence the formation of coffee color. In the sensorial evaluation attributes such as uniformity, clean cup and sweetness were not affected by the different fermentation modes. Attributes such as body and acidity were directly influenced by fermentation. In general, medium roasting and longer fermentation times enhanced the beverage's characteristics.

Keywords: Fermentation. Roasting. Sensorial analysis

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Grão do café arábica (A) e do café robusta (B).	14
Figura 2: Diferença das plantas robusta (A) e arábica (B)	15
Figura 3: Folha de café arábica (a) e café robusta (b)	15
Figura 4: Dados gerais do café da Região do Cerrado Mineiro	17
Figura 5: Estágios da torra do café	21
Figura 6: Curvas que representam as características do café em função da torra	22
Figura 7: Armazenamento das bombonas em ambiente externo, sem controle de temperatura.	24
Figura 8: Armazenamento das bombonas em ambiente interno com temperatura controlada.	25
Figura 9: Secagem natural dos grãos de café por radiação solar em terreiro	25
Figura 10: Fluxograma de condução dos experimentos.	27
Figura 11: Classificação dos grãos beneficiados, separação dos possíveis defeitos, conforme régua de defeitos do café.	28
Figura 12: Torrador utilizado no preparo das amostras	30
Figura 13: Disco Agtron (adaptado). Discos coloridos para classificação de torra do café.	31
Figura 14: Curvas de torra de amostras fermentadas por 24horas.	34
Figura 15: Curvas de torra de amostras fermentadas por 48horas.	35
Figura 16: Curvas de torra de amostras fermentadas por 72horas.	36
Figura 17: Curvas de torra da amostra testemunha (25AT).	37
Figura 18: <i>Heatmap Green</i>	41
Figura 19: <i>Heatmap Red</i>	41
Figura 20: <i>heatmap Blue</i>	42
Figura 21: Cor dos cafés a partir da mistura da mistura das cores RGB.	43
Figura 22: Diferença de tamanho dos grãos antes e após torra.	45
Figura 23: Variação do brilho e tamanhos dos grãos no início da torra (a), durante a torra (b) e no final da torra (c).	46
Figura 24: Perfil de xícara amostra 10A	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Condições para torra de cafés.....	22
Tabela 2: Grupo dos cafés fermentados por 24 horas	26
Tabela 3: Grupo dos cafés fermentados por 48 horas	26
Tabela 4: Grupo dos cafés fermentados por 72 horas	27
Tabela 5: Referência Disco Agtron de classificação de cor	31
Tabela 6: Parâmetros que foram avaliados durante o processo de torração do café.	33
Tabela 7: Valores médios de luminosidade medidas de forma instrumental.	38
Tabela 8: Valores médios do parâmetro a*. Variação das tonalidades do eixo verde-vermelho.	39
Tabela 9: Valores médios do parâmetro b*. Variação das tonalidades do eixo azul-amarelo.	40
Tabela 10: Resultados da classificação da torra através do uso do Disco Agtron.....	44
Tabela 11: Notas finais da avaliação sensorial dos cafés fermentados	47
Tabela 12: Atributos sensoriais positivos e negativos das amostras dos cafés fermentados.	49

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	10
2.1. Objetivos Gerais	10
2.2. Objetivos Específicos	10
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
3.1. Café	11
3.2. Principais espécies de café	12
3.2.1. <i>Café arábica</i>	13
3.2.2. <i>Café canephora</i>	13
3.2.3. <i>Principais diferenças entre as plantas</i>	14
3.3. Café do cerrado Mineiro	16
4. CONSUMO DO CAFÉ	18
4.1. Mudança do perfil do consumidor	18
4.2. Cafês especiais- SCA	18
5. TORRA	20
5.1. Química da torra	20
5.2. Tipos de torra	21
5.3. Análise sensorial	22
6. MATERIAL E MÉTODOS	24
6.1. Fermentação induzida de cafês	24
6.2. Delineamento dos experimentos	26
6.3. Preparo das amostras	27
6.4. Torra do café	28
6.5. Análise de cor instrumental	30
6.6. Análise de cor padrão	30
6.7. Análise sensorial dos cafês fermentados	31
6.8. Análise estatística	32
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
8. CONCLUSÃO	51
9. REFERÊNCIAS	52

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior exportador de café do mundo e atualmente ocupa a décima quarta posição de consumidores desse produto (CONAB, 2020). O país responde por um terço da produção mundial desse *commodity*, conforme dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) de 2018. Existem quase cem espécies de café no mundo, mas entre elas, duas se destacam como as mais comercializadas, *Coffea arabica* (café arábica) e *Coffea canephora* (café robusta). Estas possuem características físico-químicas bem diferenciadas, que produzem bebidas com características sensoriais bastante distintas (MAMEDE et al., 2015).

Durante o processamento do café, por via úmida ou seca, ocorrem processos fermentativos. Estes podem ser naturais ou induzidos e influenciam na qualidade da bebida. A fermentação dos frutos pode ocorrer em três momentos: antes da colheita por meio da microbiota existente nas lavouras em condições de alta temperatura e umidade, após a colheita em processos definidos como fermentação e durante a secagem dos frutos (ALVES, 2020). Durante a fermentação os grãos passam por alterações físicas e químicas, tais como, redução no teor de água e açúcares e a formação de precursores responsáveis pelo aroma e sabor do café (ALVES et al. 2020).

Após a colheita e beneficiamento dos grãos de café verde, ocorre o processo de torrefação, que é responsável pelo desenvolvimento do aroma e o *flavor* do café, além das demais características químicas intrínsecas da bebida do café tão apreciadas no mundo (MAMEDE et al, 2015). A torrefação é um processo extremamente complexo, no qual o café pode ser exposto a temperaturas de até 340 °C. A combinação entre o tempo e a temperatura escolhidos será determinante para a obtenção de graus de torrefação variando entre o muito claro e o muito escuro (com diversas subdivisões intermediárias) (MAMEDE et al., 2015).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos Gerais

Desse modo este trabalho tem como objetivo avaliar a influência da fermentação induzida e espontânea na torra de cafés especiais pré-selecionados analisando o resultado na cor e no sabor dos cafés torrados.

2.2. Objetivos Específicos

- Selecionar os cafés com e sem fermentação induzida;
- Realizar a torra e análise de cor dos cafés;
- Análise sensorial dos grãos beneficiados;
- Análise estatísticas dos dados.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Café

Não há registros oficiais sobre a origem do café. No entanto, sabe-se que é uma planta nativa das terras altas da Etiópia e ainda faz parte da vegetação natural. Segundo as lendas, um pastor chamado Kaldi observou que, uma vez que suas cabras mastigavam uma determinada fruta amarela, elas se comportavam com mais vigor e se tornavam mais resistentes a longas jornadas (ALVES, 2019; MARTINS, 2008). As teorias descobertas sugerem que a África foi o território de origem do café, mas foram os árabes que dominaram as técnicas de cultivo e plantio do café e o difundiram através do comércio de especiarias no século VIII (HALAL, 2008; MACHADO, 2019).

A difusão do café na Europa ocorreu em meados do século XVI, através do alemão Leonardo Rauwoff. Os holandeses tiveram um papel importante na popularização do consumo de café como bebida. Na Holanda, desenvolveu-se a primeira produção sistemática de café e no século XVII o país era considerado uma potência comercial e marítima (ABIC, 2021; HALAL, 2008; MACHADO, 2019).

O café também foi introduzido na América do Sul pelos holandeses, que pegaram algumas mudas e as plantaram experimentalmente em suas colônias, inclusive no Suriname, que faz fronteira com o Brasil. Dessa forma, a Holanda tornou-se a principal responsável pelo crescimento e popularidade do café, despertando o interesse de outros países (MARTINS, 2008). O café logo se tornou um produto importante no mercado internacional dos países ocidentais no século XVII, o que estimulou a difusão de seu cultivo e comércio nas colônias europeias nas Américas e na Ásia (FALEIROS; SAADI TOSI, 2019; HALAL, 2008).

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria do Café (ABIC, 2021), em 1727, o Brasil teve o primeiro contato com o cafeeiro através de Francisco de Mello Palheta. Mudas vindas da Guiana Francesa foram plantadas pela primeira vez no estado do Pará, embora o clima local não fosse adequado para o desenvolvimento desta cultura, as plantas se adaptaram bem ao solo da área. Depois que o café chegou ao norte do Brasil, ele se espalhou rapidamente devido às condições climáticas favoráveis e ao consumo crescente. Em sua trajetória, o café percorreu os estados do Maranhão, Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais e Paraná. No entanto, foi no estado de São Paulo que a

cafeicultura se consolidou, iniciando um novo ciclo econômico no país (ABIC, 2021; CARNEIRO, 2021; RODRIGUES; DIAS; TEIXEIRA, 2015).

As plantações de café contribuíram positivamente para o crescimento econômico do Brasil, proporcionando diversos investimentos em infraestrutura e melhoramentos para a época. Para favorecer o escoamento da produção, foram construídas estradas rodoviárias e ferrovias. O progresso foi tanto que já em 1830 o café se tornou o principal produto de exportação, superando o algodão e o açúcar (GOULART, 2020).

3.2. Principais espécies de café

Os primeiros estudos publicados sobre a planta do café se encontram no livro *De Plantis Aegypti* e datam do século XVI, estes foram realizados pelo botânico Prospero Alpino em Veneza, Itália. No entanto a primeira classificação botânica do cafeeiro foi realizada por Antoine Jussieu em seu livro intitulado *Historie Du Café*, em 1716. Nele Jussieu classifica a planta como *Jasminum arabicum*. Pouco tempo depois (1737), Carl Von Linné, reclassificou a espécie, dando-lhe o nome de *Coffea arabica* (ABIC, 2021; MARTINS, 2008; SOUZA et al., 2015).

As plantas do gênero *Coffea* apresentam porte arbóreo, tropical de altitude, adaptada a clima úmido, de temperaturas amenas (MARTINS, 2008), cuja classificação botânica é:

- Grupo: plantas Fanerógamas;
- Classe: Angiosperma;
- Subclasse: Dicotiledônea;
- Ordem: Rubiales;
- Família: *Rubiaceas*;
- Tribo: *Coffeae*;
- Subtribo: *Coffeinae*;
- Gênero: *Coffea*.

O plantio de café no Brasil proporcionou o desenvolvimento de uma grande diversidade de cultivares em diferentes regiões do país, promovendo um aumento significativo na produtividade (CASÉ, 2021). Embora muitas espécies tenham sido testadas para exploração comercial no país, apenas três apresentaram características favoráveis ao cultivo sendo elas: *Coffea arabica*, *Coffea canephora* e *Coffea liberica*. As demais espécies existentes são importantes em estudos de melhoramentos genéticos e obtenção de cultivares superiores (SOUZA et al., 2015; FERRÃO et al., 2020).

Nos dias de hoje, somente *Coffea arábica* e *Coffea canephora* possuem grande valor econômico mundial, as plantações de *C. liberica* foram dizimadas por um fungo nas décadas de 1940 e 1950 (SOUZA et al., 2015). As principais espécies representam 100% da produção mundial de café, sendo o *C. arabica* responsável por 70% da produção (FERRÃO et al., 2020;).

3.2.1. Café arábica

Segundo a literatura o *Coffea arabica* (café arábica) tem suas origens nas terras altas do sudoeste da Etiópia e das regiões montanhosas do Sudão e do Quênia. O café arábica, é uma espécie relativamente complexa, com 44 cromossomos e devido a isso, seus cruzamentos só podem ser realizados entre plantas da mesma espécie. De seus frutos origina-se uma bebida de melhor qualidade, com características mais finas e requintadas, de sabores mais acentuados e aromáticos que pode ser bebido sem nenhum tipo de “blend”. Seu cultivo é realizado em regiões com altitude acima de 800m e apresenta grãos de coloração esverdeada, com sua produção mais concentrada nos estados de Minas Gerais e São Paulo (HALAL, 2008; LANDAU; SILVA; MOURA, 2020; NASCIMENTO, 2006).

3.2.2. Café canephora

As cultivares Conillon, Robusta, Guarini, Oka, Uganda, Laurentii e Crassifolia pertencem à espécie *C. canephora*. Todas as variedades da espécie são conhecidas de modo geral por Robusta, assim como os cafés produzidos por elas. A classificação robusta se dá pelo elevado vigor vegetativo da espécie. Esta espécie é nativa das florestas baixas da África Equatorial, possuindo 22 cromossomos. O cultivar Robusta é mais resistente às

pragas, doenças e fatores climáticos. É uma planta mais rústica podendo ser cultivada em regiões de temperaturas mais elevadas e de menores altitudes. No Brasil este café é plantado, principalmente, no estado do Espírito Santo (GALVÃO, 1986; HALAL, 2008; LANDAU; SILVA; MOURA, 2020).

3.2.3. Principais diferenças entre as plantas

Dentre as principais diferenças entre os cafés robusta e arábica está a sua composição, o primeiro apresenta maior teor de sólidos solúveis, alto nível de cafeína e um maior rendimento após a torrefação. Este também tem grande parte de sua produção destinada a fabricação de café solúvel, chás, expresso entre outras bebidas e produtos. Por possuírem morfologias diferentes, as plantas exigem manejos culturais e colheitas exclusivas para cada variedade (GALVÃO, 1986; LANDAU; SILVA; MOURA, 2020).

Outra diferença de morfologia está no formato do grão, os grãos de café arábica têm um formato maior e mais alongado, dividindo-se em uma linha sinuosa em formato de “S”. Os grãos do robusta são menores e mais arredondados a linha que o divide não é sinuosa. A Figura 1, mostra essa diferença do grão do café arábica e do café robusta (GALVÃO, 1986; NASCIMENTO, 2006).

Figura 1: Grão do café arábica (A) e do café robusta (B).

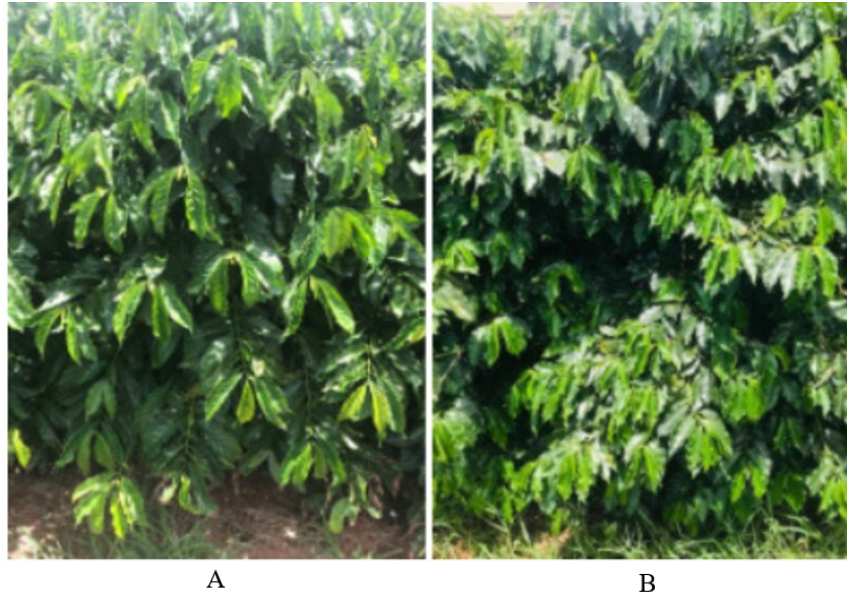


Fonte: Rehagro

Outra característica que demarca bem cada espécie são as folhagens dos arbustos, visto que a planta do café arábica possui folhas mais lisas e menores, quando comparadas ao robusta. Outra diferença bem visível é que a espécie arábica é unicaule, enquanto que a robusta é multicaule. A Figura 2, mostra a diferença das plantas citadas e na Figura 3 a

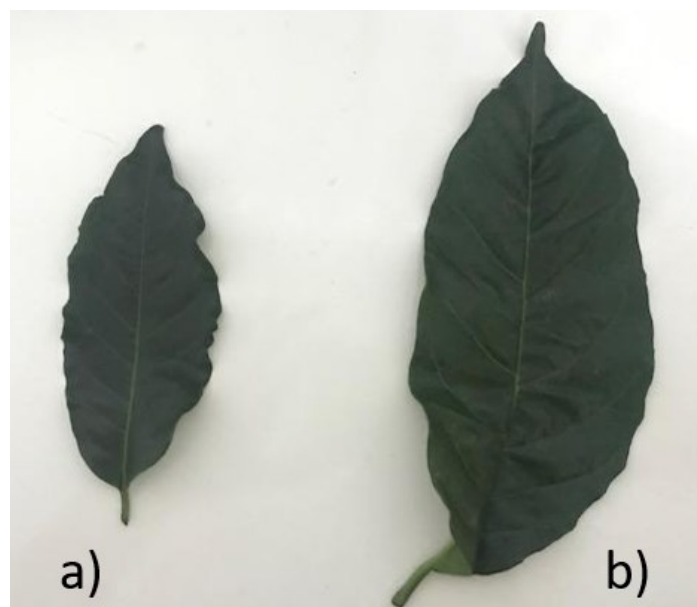
diferença mais aproximada de suas folhas (FERRÃO et al., 2020; GALVÃO, 1986; SILVA, 2021)

Figura 2: Diferença das plantas robusta (A) e arábica (B)



Fonte: Reagro

Figura 3: Folha de café arábica (a) e café robusta (b)



Fonte: Reagro

3.3. Café do cerrado Mineiro

O Estado de Minas Gerais se destaca pela produtividade e qualidade de seus grãos. Existem três regiões que ganham maior reconhecimento no cultivo de excelentes cafês, são elas: Zona da Mata, Sul de Minas e Oeste de Minas, também conhecida como Região do Cerrado Mineiro (PEREIRA, 2014). Nestas regiões algumas cidades se sobressaem em relação à qualidade dos grãos, que é o caso do município de Patrocínio, no Oeste mineiro, e à produtividade, na qual podemos citar o município de Três Pontas, no sul de Minas (PAIVA, 2010; SANTANA, 2020).

De acordo com Ortega (2008) o café do cerrado Mineiro difere-se dos demais por ser considerado uma agricultura moderna, sendo assim, reconhecido como um café globalizado. Sua produção está fortemente relacionada aos mercados internacionais e, outro ponto a ser considerado na qualidade dos cafês dessa região são os altos investimentos financeiros e científicos patrocinados tanto por iniciativas privadas, como por órgãos estatais como EPAMIG e EMBRAPA.

A Região do Cerrado Mineiro, está localizada no noroeste do estado e cerca de 55 municípios fazem parte dessa região. Esta área proporciona uma faixa térmica ideal para o cultivo do café arábica, garantindo alta produtividade e uniformidade em seus frutos. O plantio é realizado em altitudes que variam de 800 a 1300 metros e, a baixa umidade relativa do ar é outro aspecto benéfico da região, isso faz com que os cafês desenvolvam características únicas e singulares (FERNANDES et al., 2012; PAIVA, 2010).

Segundo a Federação dos Cafeicultores do Cerrado (BRASIL, 2019), o café produzido nessa região, equivale aproximadamente 13% de toda a produção brasileira e 26% da produção do estado. A Figura abaixo traz mais informações sobre os dados.

Figura 4: Dados gerais do café da Região do Cerrado Mineiro



Fonte: Federação dos Cafeicultores do Cerrado (2022).

Qualidade, produtividade e perfil sensorial inigualável fez com que a Região do Cerrado Mineiro se equiparasse com regiões produtoras de vinhos, fazendo com que o Cerrado fosse a primeira região produtora de café a receber tanto uma Indicação Geográfica (IG), em 2005, quanto uma denominação de origem, que ocorreu em 2013. Essas certificações garantem ao consumidor saber qual o tipo de grão que está sendo consumido, para que o mesmo selecione o que mais lhe agrada e também o padrão de qualidade que o produto está sendo comercializado (BRASIL, 2018). Outro benefício da certificação é a garantia de que o café é produzido dentro dos pilares ambientais, sociais e econômicos estabelecidos, segundo Alvarenga (2017).

4. CONSUMO DO CAFÉ

4.1. Mudança do perfil do consumidor

Novos hábitos dos consumidores de café, fazem com que estes se tornem cada vez mais exigentes, desse modo as buscas por qualidade aumentam cada vez mais nesse setor. Isso é resultado de um conhecimento mais aprofundado sobre os grãos e os produtos resultantes, além de suas características, suas diferenças de preparo, seus diferentes *terroirs*, suas diferentes regiões e os resultados de concursos de qualidade que são amplamente divulgados (BUITRON,2019).

Segundo a ABIC (2021), existem ao menos três grupos de consumidores de café, são eles: o público geral, que são pessoas que tomam café comum e o assunto não é prioridade; os entusiastas, que é o grupo de consumidores que já entendem um pouco mais da bebida, costumam comprar cafés diferenciados e são curiosos no assunto; e os especialistas que são os que entendem muito sobre café, apreciam a bebida e tratam de temas mais técnicos sobre o assunto.

4.2. Cafés especiais- SCA

Em 1978, a fundadora da *Knutsen Coffees*, Erna Knutsen, utilizou pela primeira vez o termo "café especial". De acordo com ela, esses cafés são produzidos em microclimas especiais, o que resulta em grãos com perfis sensoriais exclusivos (RHINEHART, 2009). Para a *Specialty Coffee Association* (SCA) este conceito ainda é válido. Atualmente a associação conta com uma metodologia específica para a classificação destes cafés envolvendo uma pontuação que varia de 0 a 100 pontos. Cafés considerados especiais, devem ter pontuação acima de 80 quando avaliados seus atributos sensoriais (CÉSAR,2021).

Café especial é uma classificação técnica para grãos de café que atendem a certos critérios de qualidade. Esses critérios são baseados em aspectos físicos, sensoriais e de processo. De acordo com SCA (2018), um café é considerado especial se atender aos seguintes critérios: origem, classificação física, qualidade sensorial e processo de produção. Os cafés especiais são geralmente produzidos em pequenas quantidades, em

fazendas familiares ou cooperativas, e são valorizados por sua qualidade excepcional e sabor distinto.

Os grãos especiais diferem-se de outros cafés por fatores como qualidade superior, cuidado na colheita, aspectos do grão, história, tipo de preparo, plantação e origem varietal. O conjunto de cafés especiais engloba, principalmente, as seguintes classes: expresso, orgânico, ecológico, descafeinado, aromatizado e cappuccino, sendo o expresso um dos principais responsáveis pelo crescimento do segmento de cafés especiais (FIGUEIREDO, 2010; SAMPAIO; SPINOLA, 2000;).

5. TORRA

5.1. Química da torra

Um dos processos mais importantes no processamento do café é a torração ou torrefação, é nessa fase que ocorre os processos químicos, físicos, estruturais e sensoriais nos grãos. Esse procedimento de submeter os grãos ao calor afeta diretamente o sabor, o aroma e a qualidade das bebidas (FABBRI et al, 2011; TRUGO, 2004). As mudanças físicas provocadas são em relação ao tamanho, cor e alteração na estrutura da parede celular dos grãos, já que ocorre grande perda de dióxido de carbono e água (JANSEN, 2006).

O ponto final da torra pode ser determinado de várias maneiras, utilizando por exemplo o tempo e a temperatura final dos grãos de café. O uso de altas temperaturas pode acarretar na degradação dos ácidos clorogênicos, o que confere sabor amargo às bebidas. Um composto importante para a formação de cor nos grãos são as melanoidinas, que são degradadas gradualmente durante este processo (FARAH; DONANGELO, 2006; TRUGO, 2004).

Os grãos de café entram verdes no torrador, com a variação do binômio tempo X temperatura há mudanças na cor do grão, essas mudanças ocorrem em 4 estágios. No primeiro estágio, também chamado de amarelo, a temperatura interna dos grãos varia entre 90° e 120°C, nele os grãos apresentam tons mais alaranjados (MELO, 2004).

Quando a temperatura interna do grão se aproxima de 120-150°C ele atinge o segundo estágio – marrom claro – nesse estágio, ocorre uma reação endotérmica ocasionada pela evaporação da umidade dos grãos, consequência da elevada temperatura externa. Simultâneo ao aumento da temperatura, ocorre reações exotérmicas que formam compostos voláteis e CO₂. Posteriormente, com a elevação da pressão interna, o grão se expande causando rachaduras em sua estrutura, essa quebra é chamada “*crack*” (CARNEIRO, 2021; MELO, 2004; MUINHOS, 2017).

Sabe-se que o ponto de fusão da sacarose é de aproximadamente 185°C e está na faixa de caramelização do café, que varia de 170° a 205°C. Segundo Melo (2004) e Carneiro (2021), durante a caramelização ($\pm 200^\circ\text{C}$) o café alcança o estágio *city*, nele sua tonalidade se torna mais amarronzada e a expansão dos grãos é devida ao escape dos gases do primeiro *crack*.

No último estágio - *Full City* - a temperatura interna do grão se aproxima de 220°C, geralmente nessa fase ocorre o segundo *crack* e consequentemente a ruptura da matriz celular do grão. Nesse ponto, observa-se grãos mais lustrosos, em razão da liberação de seus óleos. Há outros estágios que o aquecimento do grão pode atingir, nestes a torra se torna mais agressiva, há degradação dos açúcares redutores e as características organolépticas tornam-se indesejáveis, resultando em bebidas com sabor amargo e aroma queimado (MELO, 2004; MUINHOS, 2017; PIRES, 2019). A Figura 5 mostra a variação das cores do grão nos diferentes estágios de torra.

Figura 5: Estágios da torra do café



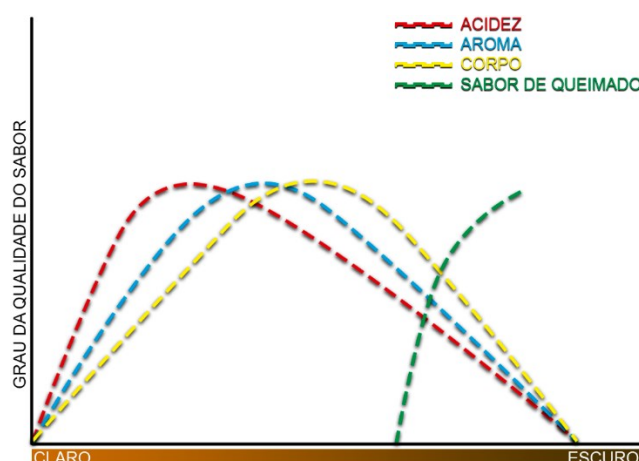
Fonte: MUINHOS, 2017

5.2. Tipos de torra

Segundo Melo (2004) e Muinhos (2017) o grau de torra é um dos principais fatores que afetam a qualidade da bebida final e, o perfil de torra dos grãos é definido de acordo com os gostos culturais de cada país. Quanto maior a intensidade da torra, maior a perda de qualidade do grão e a perda de massa do grão torrado varia entre 12% e 14%. Um dos métodos de detecção do ponto da torra é pelo método visual, este é baseado nos discos de cores padrão, também chamados de discos de Agtron (MELO, 2004).

Alguns estudos revelam que a torra leve torna a bebida final mais ácida, à medida que o grau de torra aumenta, a acidez diminui. O nível de torra intermediário, faz com que a bebida alcance o máximo de formação de aromas. O amargor e sabor de queimado aparece na bebida quando a torra ultrapassa o chamado “pico do sabor” atingindo temperaturas entre 205°C e 220°C (BARBOSA et al, 2020; CARNEIRO, 2021; MELO, 2004). A Figura 6 retrata a análise realizada sobre os pontos do café.

Figura 6: Curvas que representam as características do café em função da torra



Fonte: Adaptado de Melo (2004)

Geralmente classificam-se as torras como forte, média e fraca. A Tabela 1 apresenta as condições de cada tipo de torra (MELO, 2004).

Tabela 1: Condições para torra de cafés

Torra	Temperatura final (°C)	Tempo (min)	Cor dos grãos
Fraca	150	8	Marrom claro
Média	200	11-12	Marrom escuro
Forte	240-246	15	Preto

Fonte: MELO (2004).

Segundo Muinhos (2017) torras realizadas em temperaturas muito baixas não são capazes de potencializar os sabores e aromas esperados em um café de qualidade e de forma análoga, torras muito altas podem fazer com que os compostos que geram sabor e aroma ao café sejam degradados, tornando-os amargos e com aroma forte.

5.3. Análise sensorial

As propriedades sensoriais e físico-químicas do café torrado dependem fundamentalmente da intensidade da torra. Na avaliação sensorial do café, são avaliados sistematicamente atributos de qualidade como aroma, corpo, acidez, amargor, sabor e sensação na boca (DOMINGUES, 2019; SCHOLZ; SILVA; FIGUEIREDO; KITZBERGER, 2013).

O método de análise sensorial é o mais empregado para realizar a avaliação da qualidade da bebida, visto que está é um fator que dita o valor comercial do café. Existem

diversas metodologias que podem ser realizadas para tal, no Brasil utiliza-se as metodologias da Classificação Oficial Brasileira (COB) (BRASIL, 2003) e também as metodologias da Associação Americana de Cafés Especiais (SCA, 2015). A avaliação sensorial do café é chamada de *cupping* ou “prova de xícara”, nessa etapa utiliza-se torra leve, já que esta permite uma melhor percepção de sabores, notas e aromas que caracterizam a qualidade da bebida e auxilia na identificação de defeitos ou sabores indesejados (SCAA, 2015; TAVARES, 2016).

De acordo com a COB a prova de xícara é utilizada para cafés *commodities*, e segue a Instrução Normativa nº 8, documento este que traz o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade para a Classificação do Café Beneficiado Grão Cru. Nele é estabelecido as características de identidade e qualidade para classificar o café beneficiado em grão cru, classificando-os em categorias com base em sua espécie (Categoria I: café da espécie *Coffea arabica* e Categoria II: café da espécie *Coffea canephora*) , subcategorias ingeridas em seu formato e granulometria (chato e moca), grupos relacionados ao seu aroma e sabor (arábica e robusta), subgrupos baseados em sua bebida (tipo estritamente mole, mole, apenas mole, duro, riado, rio e rio zona), classes relacionadas à sua cores e tipo, levando em conta o percentual de defeitos (BRASIL, 2003).

Os procedimentos e metodologias utilizados pela SCA são designados para avaliar sensorialmente cafés especiais. Foi desenvolvido um padrão de cores que permite acompanhar o processo de torra dos cafés fora do forno, chamados Discos Agtron. A escala de cores dos discos varia de 95 a 25, sendo que quanto mais torrado o café for, menor será o valor de referência nos discos. Sugere-se que a torrefação dos grãos de café que serão avaliados seja finalizada entre os pontos dos discos Agtron 65 e 55 que se referem a torra médio claro e médio respectivamente (SILVEIRA, 2021). Na realização da análise sensorial há um protocolo que deve ser seguido, incluindo as etapas de equipamentos necessários, preparo da amostra, preparo para degustação e ainda as características da água a ser utilizada na avaliação (SCA, 2015).

6. MATERIAL E MÉTODOS

6.1. Fermentação induzida de cafés

Cafés cereja *Coffea arabica* L. variedade arara cultivados na região do Cerrado Mineiro foram fermentados durante 72 horas em biorreatores de polietileno de alta densidade (bombonas) com capacidade de 200 L, dotados de válvulas *airlocks* para a saída de CO₂ (Dióxido de Carbono), sob anaerobiose autoinduzida em diversas condições. As fermentações foram conduzidas em dois ambientes distintos, com diferentes características, sendo eles em ambiente externo e ambiente interno. No ambiente interno houve controle de temperatura (mantido em 27°C), já no ambiente externo os biorreatores foram acondicionados na sombra sem controle de temperatura. Além disso, vale ressaltar que os experimentos foram conduzidos com adição de água aos frutos (submerso – SU) e sem adição de água (seco - SE). Os mesmos experimentos foram adicionados os não inóculo de levedura RX60. As Figuras 7 e 8 mostram, respectivamente como o foi realizado os experimentos nos dois ambientes, na sombra em ambiente externo e em ambiente interno com temperatura controlada.

Figura 7: Armazenamento das bombonas em ambiente externo, sem controle de temperatura.



Fonte: A autora (2022).

Figura 8: Armazenamento das bombonas em ambiente interno com temperatura controlada.



Fonte: A autora (2022).

A secagem de todas as amostras ocorreu em terreiro aberto no chão, por meio de radiação solar direta. A Figura 9 demonstra a secagem dos cafés. Os cafés foram gentilmente doados pela Fazenda Chuá do Produtor Rural Décio Bruxel, localizada no município de Patos de Minas – MG, com altitude de 1040 m.

Figura 9: Secagem natural dos grãos de café por radiação solar em terreiro



Fonte: A autora (2022).

6.2. Delineamento dos experimentos

As amostras foram divididas em grupos conforme seu tempo de fermentação que variaram em 24, 48 e 72 horas, cada um desses grupos foi composto por 8 amostras com processamentos diversos, já citados anteriormente. As Tabelas 2, 3 e 4 mostram a divisão de cada grupo.

Tabela 2: Grupo dos cafês fermentados por 24 horas

Amostra	Processamento (Submerso/seco)	Fermentação (com/sem inoculo)	Controle de temperatura (com/sem T)
1A	SU	Sem inóculo	Com T
2A	SE	Sem inóculo	Com T
3A	SU	Sem inóculo	Sem T
4A	SE	Sem inóculo	Sem T
5A	SU	RX60	Com T
6A	SE	RX60	Com T
7A	SU	RX60	Sem T
8A	SE	RX60	Sem T

Fonte: A autora (2022).

Tabela 3: Grupo dos cafês fermentados por 48 horas

Amostra	Processamento (Submerso/seco)	Fermentação (com/sem inoculo)	Controle de temperatura (com/sem T)
9A	SU	Sem inóculo	Com T
10A	SE	Sem inóculo	Com T
11A	SU	Sem inóculo	Sem T
12A	SE	Sem inóculo	Sem T
13A	SU	RX60	Com T
14A	SE	RX60	Com T
15A	SU	RX60	Sem T
16A	SE	RX60	Sem T

Fonte: A autora (2022).

Tabela 4: Grupo dos cafês fermentados por 72 horas

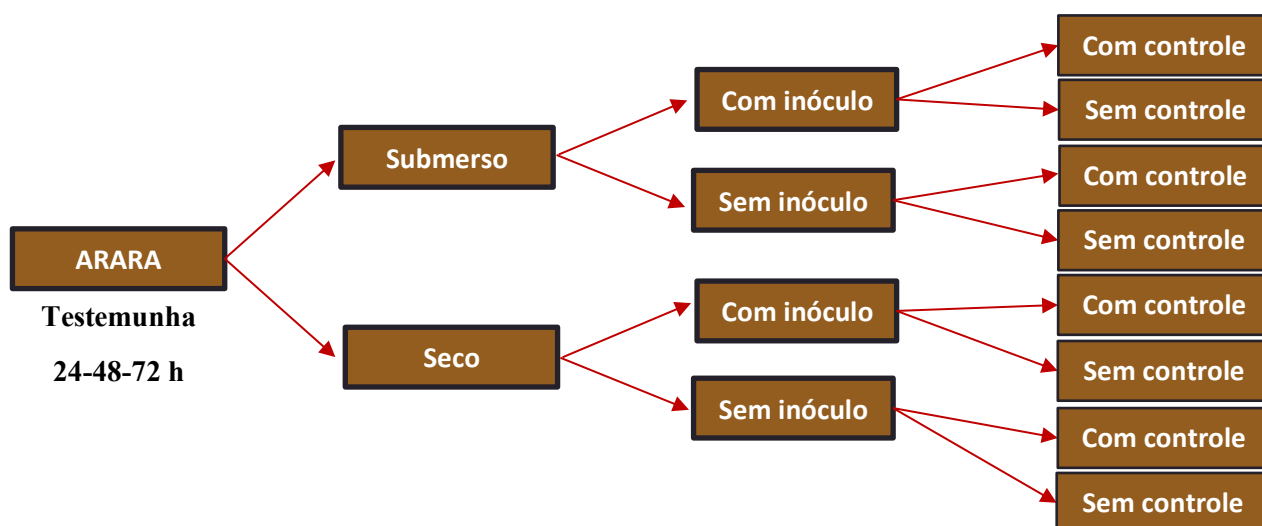
Amostra	Processamento (Submerso/seco)	Fermentação (com/sem inóculo)	Controle de temperatura (com/sem T)
17A	SU	Sem inóculo	Com T
18A	SE	Sem inóculo	Com T
19A	SU	Sem inóculo	Sem T
20A	SE	Sem inóculo	Sem T
21A	SU	RX60	Com T
22A	SE	RX60	Com T
23A	SU	RX60	Sem T
24A	SE	RX60	Sem T

Fonte: A autora (2022).

Contamos também com a amostra isolada “testemunha” (25AT), que não passou por nenhum processamento de indução de fermentação, tendo ocorrido apenas sua secagem por radiação solar.

A Figura 10 traz um fluxograma que resume a condução dos experimentos.

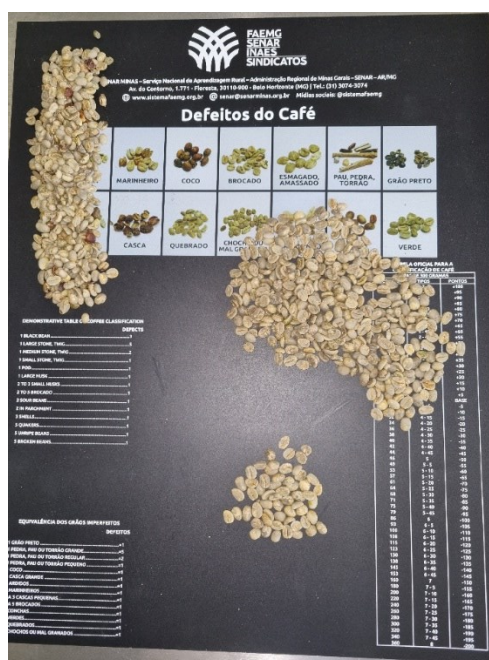
Figura 10: Fluxograma de condução dos experimentos.



6.3. Preparo das amostras

Após os processos realizados nos experimentos, os grãos de café foram beneficiados e selecionados com tamanho acima da peneira 16. Após beneficiamento, os grãos foram separados dos possíveis defeitos existentes (grãos verdes, pretos, ardidos e brocados) de acordo com a metodologia da COB (Figura 11).

Figura 11: Classificação dos grãos beneficiados, separação dos possíveis defeitos, conforme régua de defeitos do café.



Fonte: A autora (2022).

6.4. Torra do café

Foram torrados cerca de 3kg de cada amostra de café verde em torrador Atila GOLDEN PLUS 10 (Figura 12). A temperatura de torra foi mantida entre 187°- 195 °C, durante o tempo de aproximadamente 10 minutos, dependendo da umidade inicial de cada amostra. Durante a torra foram mensuradas as seguintes variáveis: tempo de seca, temperatura da carga (°C), pressão do gás (mbar), fluxo de ar (rpm), velocidade de giro (rpm), temperatura ambiente (°C), *turning point* (°C), peso inicial e final (Kg) e o rendimento.

- *Tempo de seca (min)*: etapa importante durante o processo de torra do café, tem como objetivo principal reduzir a umidade do grão de café dentro do torrador para avançar no processamento (MUIINHOS, 2018);
- *Temperatura de carga (°C)*: é a temperatura da câmara de torra quando os grãos são dispostos no torrador. É de extrema relevância que essa temperatura seja controlada para manter a qualidade do café, dependendo do perfil de torra desejado (MUIINHOS, 2018);
- *Pressão do gás (mbar) e fluxo de ar (rpm)*: Ambos executam papel importante na formação do perfil de torra, no desenvolvimento do aroma e no sabor do café. A pressão do gás é a pressão do ar que é injetada na câmara de torra para

controlar a temperatura. Pressões de gás mais altas fazem com que a temperatura aumente, enquanto que, pressões mais baixas, diminuem a temperatura. O fluxo de ar é a quantidade de ar que circula pela câmara de torra, quando mais alto tende a produzir torras mais leves e brilhantes, de modo que, quando mais baixo pode produzir torras mais escuras e intensas (MUINHOS, 2018; OSPINA, 2020).

- *Velocidade de giro (rpm)*: A velocidade de giro afeta a forma como o café é aquecido e como o calor é distribuído durante o processo de torra. Velocidades mais altas tende a produzir uma torra mais uniforme e uma bebida mais brilhante, enquanto uma velocidade de giro mais baixa pode produzir uma torra mais desigual e uma bebida mais intensa. Além de influenciar no tempo de torra, tornando-a mais longa ou mais curta.
- *Turning point*: Também chamado ponto de virada, refere-se ao momento durante a torra que ocorre uma mudança notável na cor e no aroma dos grãos de café. Ocorre quando a temperatura do café atinge um ponto crítico durante o processo de torra, geralmente entre 160°C e 220°C, dependendo do perfil de torra desejado. Nesse ponto, ocorre uma desidratação significativa dos grãos de café, fazendo com que eles encolham e emitam um som semelhante a um estalo. Um *turning point* muito cedo pode resultar em um café subdesenvolvido e sem sabor, enquanto um *turning point* muito tardio pode resultar em um café queimado e amargo. Nos gráficos de torra, é o ponto em que a temperatura no gráfico de torra chega ao menor valor e em seguida começa a subir (MUINHOS, 2018; HEINEIRCI, s/d).

Alguns dos parâmetros como, pressão de gás, fluxo de ar e velocidade foram fixados para manter o padrão da torra determinado e monitorados simultaneamente e armazenados em um computador conectado ao torrador através do software Artisan. Desse modo a pressão de gás utilizada em todas as amostras foi de 6 mbar, o fluxo de ar 1500 rpm e a velocidade de giro em 60 rpm.

Figura 12: Torrador utilizado no preparo das amostras



Fonte: BRASIL, 2022

6.5. Análise de cor instrumental

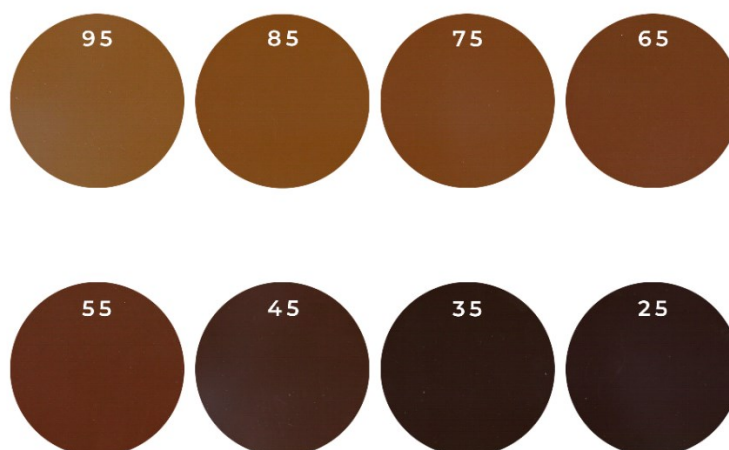
A cor dos grãos torrados foi obtida através de leitura direta das amostras utilizando-se colorímetro Minolta L, no qual os parâmetros L^* , a^* e b^* foram avaliados, onde “ L^* ” é a luminosidade, associada ao grau de escurecimento do material em estudo, varia de 0-preto a 100-branco; “ a^* ” referente ao eixo verde-vermelho, sendo “ $-a^*$ ” cor verde e “ $+a^*$ ” vermelho; e “ b^* ” referente ao eixo azul-amarelo, sendo “ $-b^*$ ” cor azul e “ $+b^*$ ” cor amarela, segundo o sistema CIE (CIE, 2017).

Para cada amostra realizou-se a calibração do equipamento utilizando uma placa branca com valores determinados correspondentes a cada parâmetro. As cores das amostras foram expressas no sistema CIE L^* , a^* , b^* . Todas as amostras foram analisadas 10 vezes para evitar erros.

6.6. Análise de cor padrão

Para a realização da análise de cor seguindo os protocolos da SCA, utilizou-se os discos do Sistema Agtron, este é composto por 8 discos onde cada um possui um número de referência que corresponde a um grau de torra do café. Atribui-se a referência de número 25 ao café com torra mais escura e 95 ao café com torra mais clara. A Figura 13, ilustra a régua de cores utilizada. A Tabela 6 descreve o valor de referência de cada disco utilizado.

Figura 13: Disco Agtron (adaptado). Discos coloridos para classificação de torra do café.



Fonte: A autora (2022).

Tabela 5: Referência Disco Agtron de classificação de cor

Disco	Agtron
Disco 1	95
Disco 2	85
Disco 3	75
Disco 4	65
Disco 5	55
Disco 6	45
Disco 7	35
Disco 8	25

Fonte: A autora (2022).

6.7. Análise sensorial dos cafés fermentados

As amostras de cafés fermentados foram preparadas de acordo com a metodologia da *Specialty Coffee Association* (SCA). Foram torrados com intensidade de torra definido por uma curva de torra padrão, classificada como média, para serem comparados entre si.

Um painel de cinco especialistas em café treinados, com *Q-Grader Coffee Certificate*, avaliaram as amostras. A metodologia aplicada para avaliar o café foi conduzida segundo os padrões SCA, que avaliam dez atributos sensoriais: aroma, doçura, geral, sabor, corpo, uniformidade, balanço, limpeza, acidez e finalização. A pontuação da avaliação varia de 0 a 100 pontos. Cafés especiais tem pontuação média acima de 80 pontos (SCA, 2015). Estas análises foram realizadas por cinco *Q-graders* de Patos de Minas e região.

6.8. Análise estatística

Foram realizados 25 tratamentos, cada um deles contendo 12 subtratamentos. Para análise de cor em cada tratamento foram realizadas dez medições e nos discos de Agtron foram analisados os tratamentos do início, meio e fim da torra pra avaliar a evolução da tonalidade do grão.

As médias das análises foram submetidas ao teste de normalidade, para os resultados que apresentaram distribuição normal, foi o teste de análise de variância ANOVA e de comparação de médias de Tukey a nível de significância de 5% para identificar os resultados significativos, para a realização das análises estatísticas foi utilizado o software SISVAR versão 5.8, desenvolvido pela Universidade Federal de Lavras.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Torra do café

Os resultados dos parâmetros avaliados durante a torra estão contidos na Tabela 7. Observa-se que os parâmetros avaliados não sofreram variações significativas entre as amostras fermentadas e o experimento testemunha. A variação das massas obtidas após a torra nos experimentos também não revelou diferença significativa, quando comparadas à amostra testemunha, observa-se que o experimento com menor rendimento foi o 15A, sofrendo uma perda de 11,4% de seu peso inicial.

As perdas de massa são justificadas pelo fato do grão verde perder água durante o processo de torra, o que reduz sua umidade, saltando de uma variação de 10 a 20% para aproximadamente 2,5% de acordo com Borém et al. (2014).

Tabela 6: Parâmetros que foram avaliados durante o processo de torração do café.

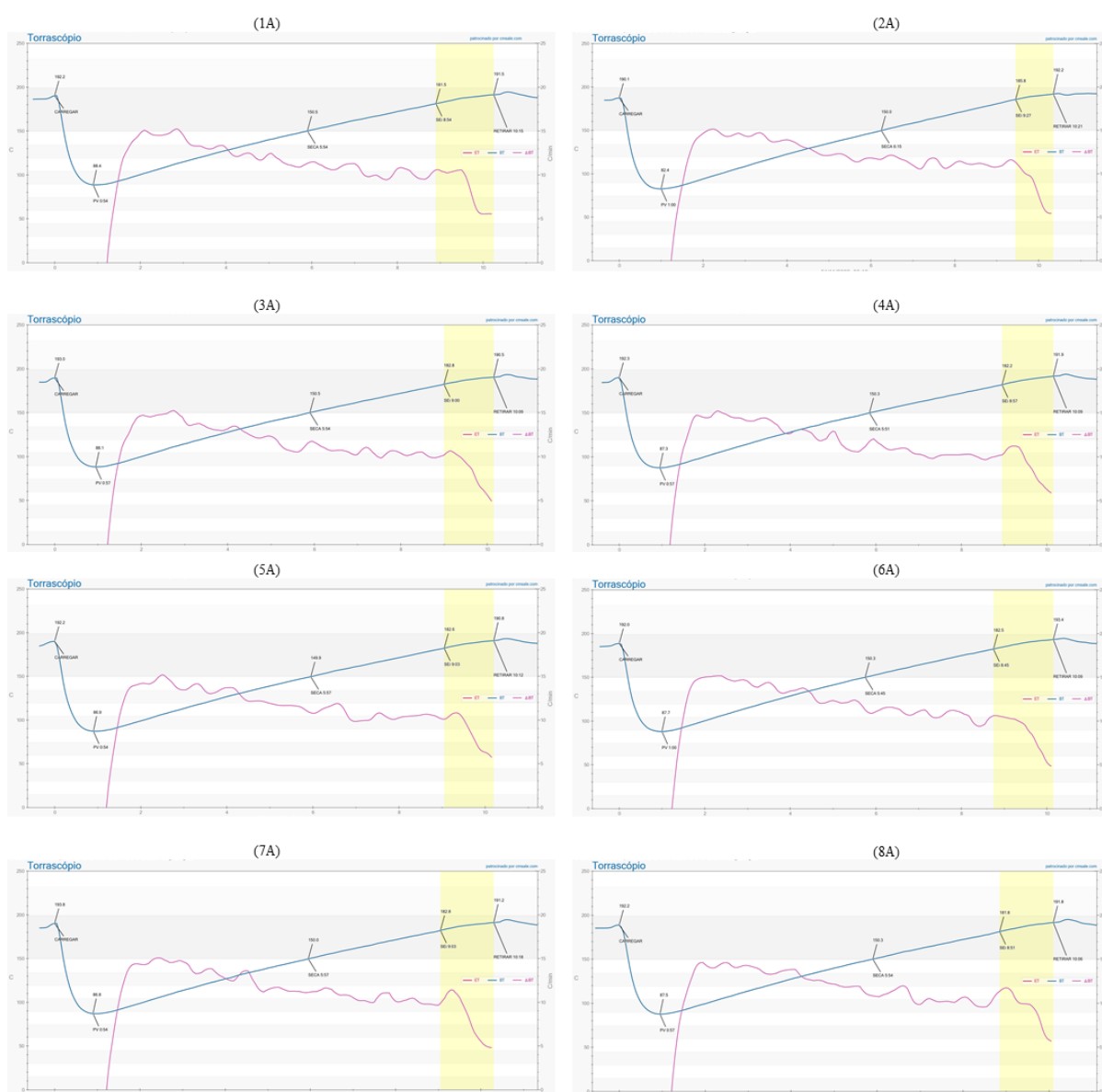
Amostra	Tempo de seca (min)	Temp. da carga (°C)	temp ambiente (°C)	turning point (°C)	Peso inicial (Kg)	Peso final (KG)	Rendimento torra (%)
1A	5'53"	192.2	29	88.4	2,445	2,203	90,10
2A	6'14"	190.1	26	82.4	2,465	2,211	89,70
3A	5'54"	193.0	29	88.1	2,470	2,23	90,10
4A	5'51"	192.3	28	87.3	2,450	2,205	89,70
5A	5'57"	192.2	27	86.9	2,465	2,225	90,28
6A	5'44"	192.0	28	87.7	2,460	2,210	90,00
7A	5'57"	193.8	27	86.8	2,455	2,198	90,26
8A	5'51"	193.2	29	88.7	2,435	2,203	89,84
9A	6'00"	192.0	28	88.0	2,470	2,22	89,53
10A	5'36"	190.0	29	88.5	2,460	2,206	90,47
11A	5'38"	192.0	28	88.4	2,470	2,22	89,88
12A	5'51"	191.6	27	87.3	2,440	2,194	89,67
13A	5'56"	192.7	27	86.9	2,465	2,184	89,88
14A	5'48"	192.8	28	88.1	2,450	2,208	89,92
15A	6'24"	187.2	26	83.3	2,480	2,220	88,60
16A	5'53"	192.2	27	87.5	2,450	2,200	90,12
17A	5'47"	191.9	29	88.7	2,485	2,22	89,52
18A	5'51"	191.6	28	87.2	2,455	2,205	89,80
19A	5'53"	192,5	27	87.0	2,480	2,227	89,34
20A	5'44"	193.8	28	87.5	2,470	2,22	89,82
21A	5'48"	189.5	25	81.3	2,425	2,163	89,80
22A	6'00"	191.6	26	84.8	2,460	2,217	89,88

23A	5'35"	195.0	29	89.2	2,44	2,197	89,20
24A	6'12"	187.2	25	80.9	2,455	2,191	90,12
25AT	5'53"	192.0	28	88.4	2,445	2,195	90,04

Fonte: A autora (2022).

As Figuras 14, 15, 16 e 17 confirmam que não há diferença significativa no comportamento dos tratamentos quando comparados ao tratamento testemunha, confirmando que tanto a fermentação induzida quanto a natural não altera o processo de torra, visto que a mesma foi padronizada para que pudesse ser realizada as comparações.

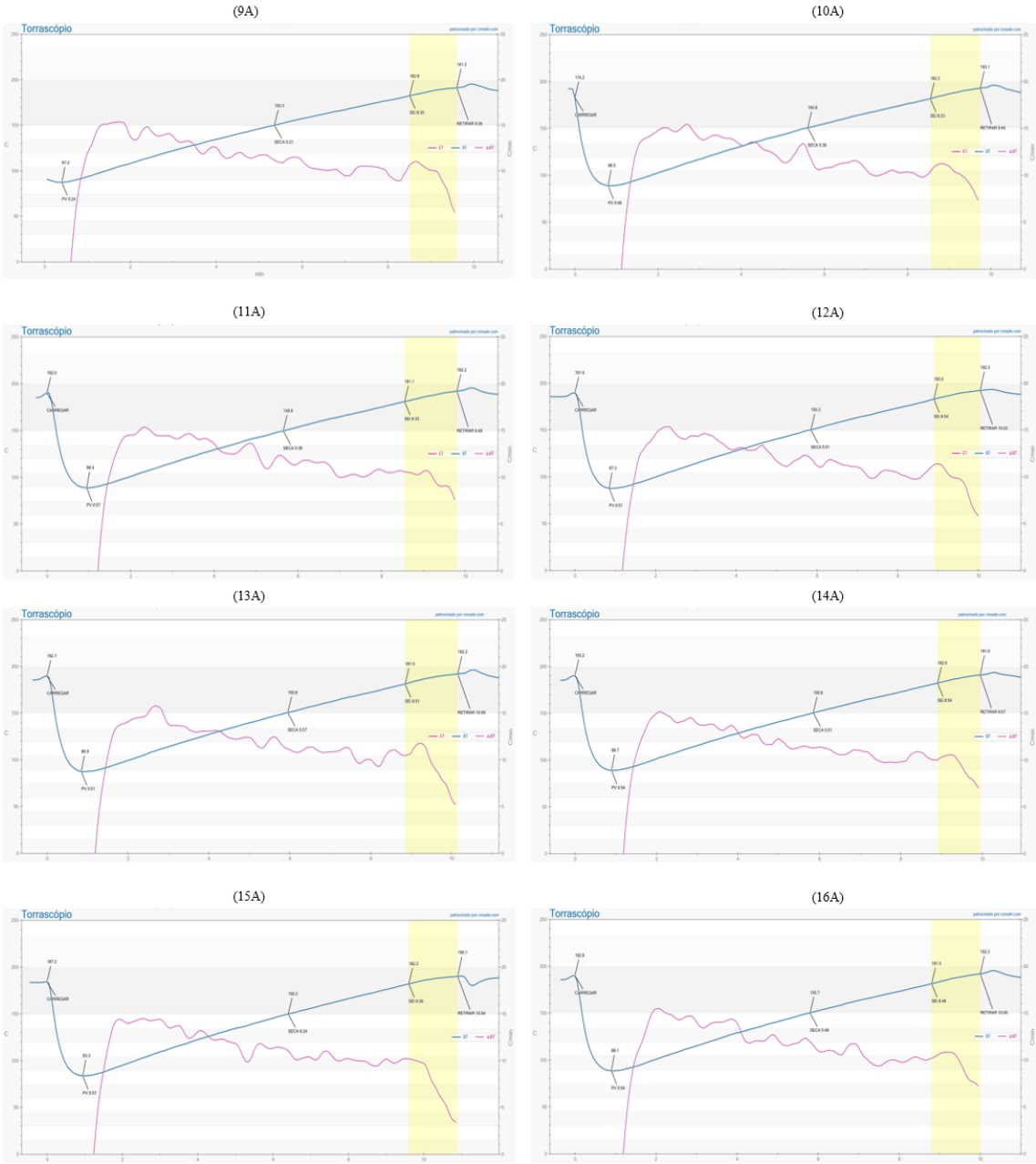
Figura 14: Curvas de torra de amostras fermentadas por 24 horas.



Fonte: A autora (2022).

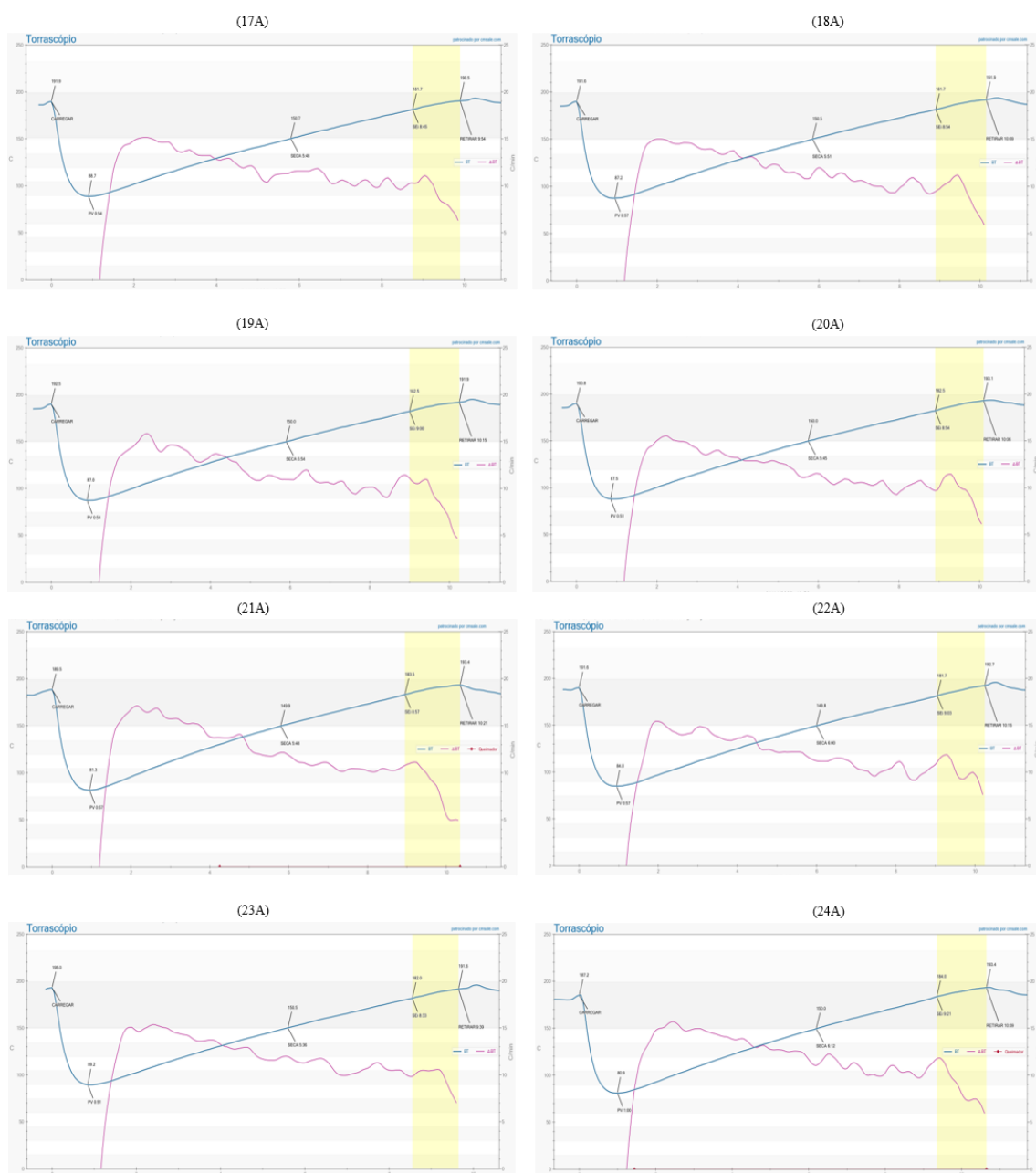
— ΔBT- Variação da temperatura do grão
— BT- Temperatura interna do grão

Figura 15: Curvas de torra de amostras fermentadas por 48 horas.



Fonte: A autora (2022).

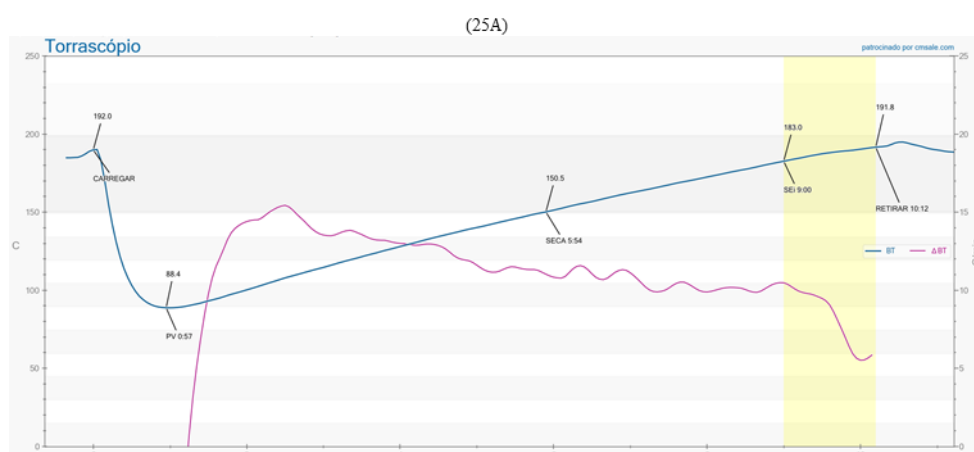
Figura 16: Curvas de torra de amostras fermentadas por 72 horas.



Fonte: A autora (2022).

- ΔBT- Variação da temperatura do grão
- BT- Temperatura interna do grão
- ET- Temperatura do ar de torra

Figura 17: Curvas de torra da amostra testemunha (25AT).



Avaliação da cor

O grau de coloração do café está relacionado com sua composição e intensidade de aquecimento empregada durante o processo de torra dos grãos, no qual as tonalidades dos grãos variam entre clara, média e escura. Os resultados da análise colorimétrica instrumental (L^* , a^* e b^*) dos grãos nos tempos 0, 3 e 6 minutos, estão contidos nas Tabelas 8, 9 e 10 respectivamente.

Pode-se verificar que a luminosidade dos grãos vai decaindo em função do seu escurecimento. Quando comparada à amostra 25T (testemunha) sem a presença de fermentação induzida, os tratamentos com 24 horas de fermentação, sem inóculo, produziram grãos mais escuros no início da torra. Já os tratamentos deste mesmo período com incubação do inóculo, resultaram em grãos mais claros no início. O mesmo é observado nos tratamentos de 48 horas (amostras 9A a 16A) e 72 horas (amostras 17A a 24A). Ao final da torra (tempo 6 min) constata-se que mesmo com o aumento do tempo de fermentação foi possível produzir grãos considerados marrom claro.

O valor L^* indica a claridade do café torrado, este valor tende a diminuir com o aumento do tempo de torrefação, isso pode ser explicado pela formação de compostos marrons produzidos pelo escurecimento não enzimático. O valor de a^* (eixo verde-vermelho) tende a aumentar durante o período de torra, este valor está relacionado com o teor de acrilamida no café torrado (ALAMRI, 2022; SHAN et al., 2016). Segundo Alves et al. (2010) cafés com torra média e escura contém menos acrilamida, quando comparado a cafés de torra clara. Observando os valores do parâmetro b^* (eixo azul-amarelo) dos grãos torrados, nota-se que houve uma redução suave, isso se deve à oxidação térmica

dos polifenóis e formação de produtos de Maillard conforme o tempo de torra vai aumentando.

Tabela 7: Valores médios de luminosidade medidas de forma instrumental.

Amostra	L*		
	Tempo (min)		
	0'	3'	6'
1A	29,01 ± 2,75	27,58 ± 3,20	23,92 ± 3,55
2A	28,40 ± 2,02	24,27 ± 5,06	23,33 ± 3,10
3A	29,45 ± 3,67	29,61 ± 4,67	29,30 ± 6,40
4A	32,10 ± 3,82	20,43 ± 3,48	26,86 ± 1,86
5A	30,34 ± 1,58	26,83 ± 2,46	25,87 ± 2,87
6A	37,33 ± 2,93	31,58 ± 5,80	24,74 ± 3,70
7A	39,52 ± 1,16	26,93 ± 2,86	25,52 ± 2,98
8A	41,95 ± 5,40	31,25 ± 4,36	27,62 ± 3,80
9A	38,99 ± 7,18	32,24 ± 3,17	27,32 ± 2,75
10A	37,17 ± 3,26	30,52 ± 2,23	27,63 ± 2,36
11A	45,22 ± 4,50	27,80 ± 5,45	28,02 ± 6,10
12A	39,65 ± 3,72	29,43 ± 4,10	23,73 ± 1,71
13A	49,50 ± 7,17	30,66 ± 4,40	27,86 ± 3,06
14A	34,07 ± 3,93	27,91 ± 4,63	29,48 ± 5,67
15A	40,11 ± 3,75	27,17 ± 7,63	19,75 ± 1,90
16A	47,81 ± 7,06	32,02 ± 4,11	25,15 ± 2,82
17A	43,07 ± 3,25	30,36 ± 4,62	27,27 ± 3,31
18A	41,77 ± 5,07	24,02 ± 2,91	24,57 ± 3,44
19A	37,60 ± 2,65	31,25 ± 3,96	27,06 ± 2,46
20A	43,19 ± 5,46	28,51 ± 4,00	24,86 ± 3,35
21A	36,53 ± 3,60	30,58 ± 4,43	27,85 ± 5,15
22A	39,77 ± 2,60	27,85 ± 2,31	27,15 ± 3,69
23A	39,42 ± 3,60	27,34 ± 3,70	24,44 ± 3,30
24A	41,41 ± 3,35	31,56 ± 5,03	22,19 ± 2,43
25AT	36,73 ± 3,26	25,52 ± 3,90	22,90 ± 3,20

Tabela 8: Valores médios do parâmetro a^* . Variação das tonalidades do eixo verde-vermelho.

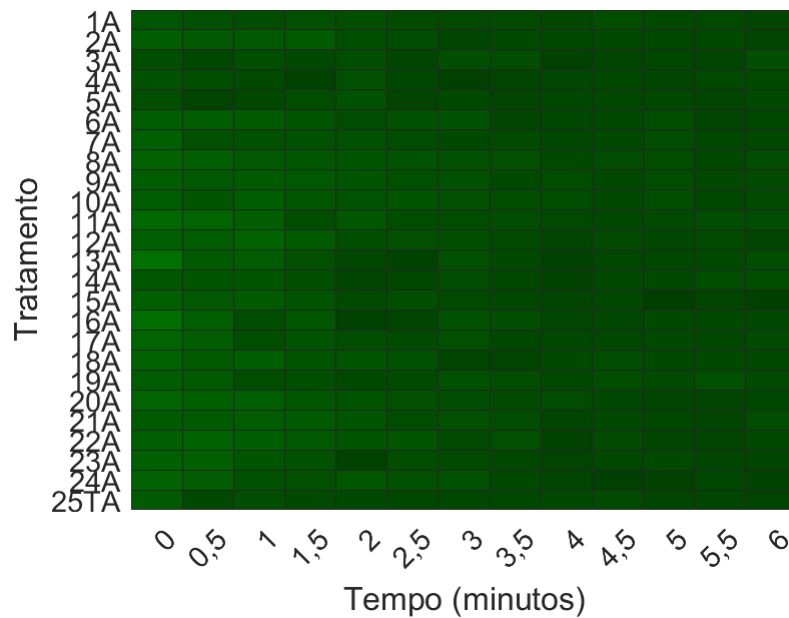
Amostra	a^*		
	Tempo (min)		
	0'	3'	6'
1A	$5,42 \pm 0,74$	$7,71 \pm 0,52$	$7,54 \pm 0,48$
2A	$6,67 \pm 0,66$	$7,26 \pm 0,87$	$7,30 \pm 0,82$
3A	$9,09 \pm 0,82$	$9,17 \pm 0,35$	$8,29 \pm 1,06$
4A	$9,21 \pm 0,63$	$6,37 \pm 0,80$	$7,50 \pm 0,67$
5A	$8,60 \pm 0,72$	$8,06 \pm 0,68$	$7,46 \pm 0,64$
6A	$6,12 \pm 0,84$	$8,47 \pm 1,21$	$7,41 \pm 0,53$
7A	$6,65 \pm 1,24$	$7,80 \pm 0,47$	$7,14 \pm 0,50$
8A	$7,44 \pm 1,11$	$8,34 \pm 1,20$	$7,29 \pm 0,50$
9A	$6,90 \pm 0,98$	$8,84 \pm 0,63$	$7,27 \pm 0,59$
10A	$6,08 \pm 1,18$	$8,65 \pm 0,86$	$7,56 \pm 0,83$
11A	$7,64 \pm 1,30$	$7,36 \pm 1,08$	$8,09 \pm 0,88$
12A	$6,92 \pm 0,97$	$8,55 \pm 0,87$	$7,31 \pm 0,45$
13A	$7,03 \pm 0,87$	$8,43 \pm 1,16$	$6,94 \pm 0,60$
14A	$5,29 \pm 0,74$	$7,53 \pm 0,69$	$8,19 \pm 0,81$
15A	$7,71 \pm 0,93$	$8,53 \pm 1,66$	$6,55 \pm 0,61$
16A	$7,98 \pm 1,63$	$8,87 \pm 1,14$	$7,69 \pm 0,67$
17A	$6,52 \pm 0,62$	$8,16 \pm 0,50$	$8,08 \pm 0,94$
18A	$7,61 \pm 1,32$	$7,85 \pm 0,81$	$7,38 \pm 0,55$
19A	$6,45 \pm 0,95$	$9,04 \pm 0,71$	$7,19 \pm 0,40$
20A	$7,84 \pm 1,53$	$9,02 \pm 0,91$	$7,22 \pm 0,95$
21A	$6,79 \pm 0,53$	$8,12 \pm 1,06$	$7,23 \pm 0,78$
22A	$7,50 \pm 0,99$	$8,75 \pm 0,96$	$8,19 \pm 1,09$
23A	$6,32 \pm 1,05$	$8,20 \pm 1,12$	$7,31 \pm 0,66$
24A	$7,63 \pm 0,82$	$8,82 \pm 0,76$	$6,26 \pm 0,89$
25AT	$6,15 \pm 1,19$	$8,12 \pm 1,23$	$7,15 \pm 1,33$

Tabela 9: Valores médios do parâmetro b*. Variação das tonalidades do eixo azul-amarelo.

Amostra	b*		
	Tempo (min)		
	0'	3'	6'
1A	20,03 ± 0,74	15,24 ± 2,06	13,90 ± 1,02
2A	23,06 ± 0,92	14,11 ± 1,25	13,50 ± 1,48
3A	18,37 ± 1,73	17,26 ± 2,31	15,50 ± 2,36
4A	19,53 ± 1,93	12,33 ± 2,52	14,27 ± 1,08
5A	19,71 ± 1,64	15,11 ± 1,39	14,07 ± 1,32
6A	21,34 ± 1,17	17,15 ± 3,37	14,23 ± 1,52
7A	22,88 ± 1,92	15,89 ± 1,64	13,85 ± 1,00
8A	24,82 ± 2,61	17,70 ± 2,54	14,00 ± 0,85
9A	23,70 ± 3,00	18,11 ± 1,70	14,21 ± 1,11
10A	22,11 ± 1,50	16,81 ± 2,78	14,47 ± 1,62
11A	26,13 ± 2,20	15,44 ± 2,87	13,46 ± 2,18
12A	23,14 ± 1,32	17,09 ± 2,54	13,60 ± 0,98
13A	26,67 ± 2,54	16,79 ± 2,81	14,87 ± 1,26
14A	19,68 ± 1,10	15,65 ± 2,13	15,56 ± 1,93
15A	23,58 ± 1,38	16,30 ± 3,90	12,26 ± 0,71
16A	27,23 ± 2,33	17,24 ± 2,46	14,18 ± 0,95
17A	23,10 ± 1,75	16,09 ± 1,94	14,65 ± 1,46
18A	24,55 ± 2,69	15,01 ± 1,90	13,92 ± 1,34
19A	21,54 ± 1,60	17,90 ± 1,86	14,87 ± 1,56
20A	25,50 ± 2,37	17,52 ± 2,29	13,39 ± 1,62
21A	22,43 ± 1,68	16,28 ± 2,14	13,65 ± 1,73
22A	24,28 ± 1,54	17,12 ± 1,76	15,26 ± 1,83
23A	22,44 ± 1,41	16,40 ± 2,35	13,40 ± 1,59
24A	23,91 ± 1,73	17,82 ± 1,78	12,44 ± 1,43
25TA	20,28 ± 1,46	15,88 ± 1,91	13,21 ± 1,33

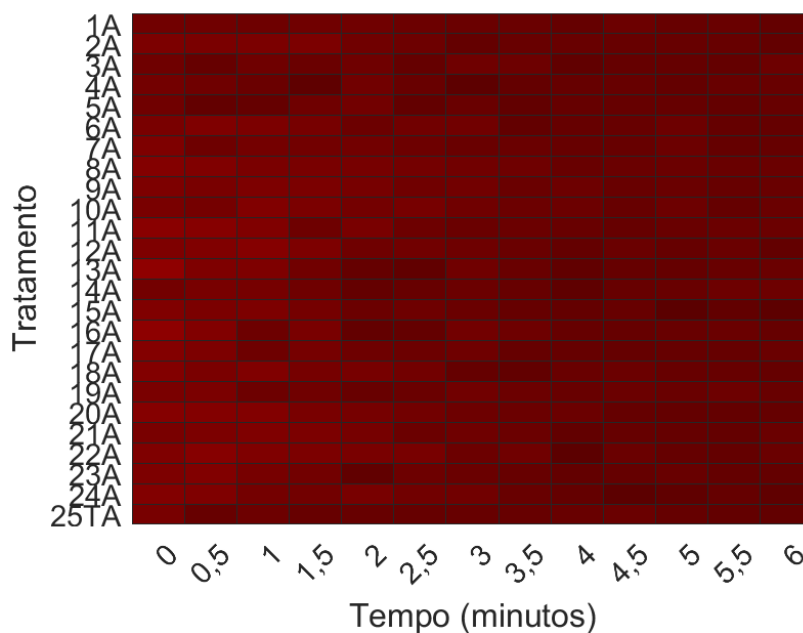
O desenvolvimento da cor é um dos fatores utilizados para determinar o nível de torra e a qualidade do produto final (SHAN et al., 2016). As Figuras 18, 19 e 20 mostram os parâmetros do colorímetro (L^* , a^* e b^*) que foram convertidos para o sistema RGB (*red, blue and green*), a partir dessa conversão, foi gerado o *heatmap* de cada parâmetro e a partir deles tem-se uma melhor observação do processamento de torra e desenvolvimento da cor nos cafés.

Figura 18: *Heatmap Green*



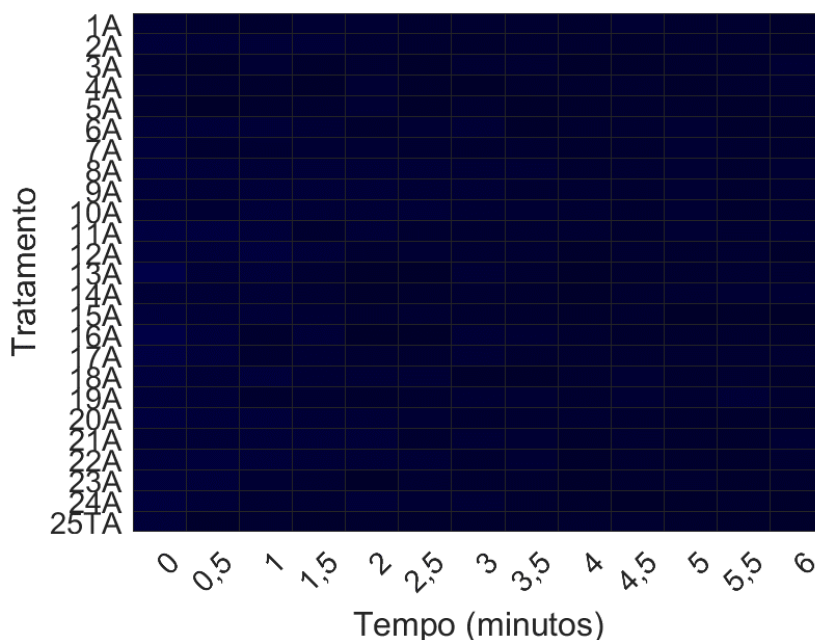
Fonte: A autora (2022).

Figura 19: *Heatmap Red*



Fonte: A autora (2022).

Figura 20: *heatmap Blue*



Fonte: A autora (2022).

A Figura 21 mostra como as cores vermelha, verde e azul (RGB) foram combinadas para apresentar a cor exata dos cafês produzidos durante todo o processo de torra. É possível notar que os cafês tendem a ser mais claros no início da secagem e caramelização e mais escuros em tempos de torra mais longos.

Durante o processo de torra, ocorrem várias reações químicas que são resultado da degradação e formação ou liberação de vários compostos, as principais responsáveis pela criação de cor e compostos marrons são: a reação de Maillard, degradação de Strecker, quebra de aminoácidos, degradação de trigonelina, degradação de ácido quínico, degradação de pigmentos, quebra de lipídios, interação entre produtos intermediários, polimerização oxidativa ou degradação de compostos fenólicos (BUFFO; CARDELLI-FREIRE, 2004; SHAN et al., 2016).

Os carboidratos com baixo peso molecular, como a sacarose, glicose e frutose, são responsáveis pela criação de compostos voláteis durante o processo de torra (CLARKE e VITZTHUM, 2008). Além disso, os polissacarídeos são fundamentais para manter os voláteis e, conseqüentemente, para formar o sabor (BUFFO e CARDELLI-FREIRE, 2004).

A intensidade da cor marrom aumenta com o aumento da intensidade da torra, causando uma diminuição significativa na claridade (L^*), devido à contribuição do desenvolvimento da cor marrom, resultado da geração de melanoidinas coloridas com maior peso molecular (BICHO et al., 2012; POISSON et al., 2017).

Figura 21: Cor dos cafés a partir da mistura da mistura das cores RGB

Tratamento	0 min	0,5 min	1 min	1,5 min	2 min	2,5 min	3 min	3,5 min	4 min	4,5 min	5 min	5,5 min	6 min
1A													
2A													
3A													
4A													
5A													
6A													
7A													
8A													
9A													
10A													
11A													
12A													
13A													
14A													
15A													
16A													
17A													
18A													
19A													
20A													
21A													
22A													
23A													
24A													
25TA													

Fonte: A autora (2022).

A Tabela 11 traz os valores da análise realizada utilizando os discos de Agtron. As amostras torradas apresentaram coloração semelhantes a amostra testemunha. Não há diferença significativa ($p < 0,05$) na pigmentação dos grãos. Com base no valor de Agtron, a intensidade do café torrado de muito claro a muito escuro diminui de forma gradual, a pigmentação aumenta conforme há o aumento do grau de torração (TARIGAN, 2022). Exceto pela amostra 7A que passou por problemas de secagem após a fermentação, relatada por colaboradores da fazenda e consequentemente sua torra foi afetada, as outras amostras foram classificadas como cafés de torra média clara e média escura em sua maioria.

Tabela 10: Resultados da classificação da torra através do uso do Disco Agtron.

Amostra	Tempo (min)		
	30s	3	6
1A	85	75	55
2A	95	65	55
3A	75	65	55
4A	95	55	45
5A	75	55	55
6A	95	65	55
7A	95	65	35
8A	85	55	45
9A	85	65	55
10A	95	65	55
11A	85	55	45
12A	95	65	55
13A	95	65	55
14A	85	55	45
15A	85	65	55
16A	95	65	55
17A	95	55	45
18A	75	55	45
19A	85	65	55
20A	95	65	45
21A	95	65	45
22A	95	65	45
23A	85	65	55
24A	85	65	55
25AT	95	65	55

Tamanho dos grãos

Verifica-se claramente a variação do tamanho do grão conforme o tempo de torra. No início da torra tem-se grãos menores, sem muito brilho e, conforme a torra vai se tornando mais escura o grão se torna maior e mais brilhoso, pois na torra escura há uma maior produção de gases, que levam ao aumento da porosidade e volume do grão. O ganho do brilho é explicado pela migração dos óleos através das rachaduras da parede celular para a área externa do grão. De acordo com Schenker; Rothgeb (2013) este processo de migração é facilitado na torra escura, por sua força motriz ser mais intensa. Na Figura 22 é mostrada a comparação de tamanho entre um grão verde e grão torrado, já na Figura 23 observa-se a evolução do tamanho do grão em algumas fases da torra (tempos 6, 9 e 12 minutos).

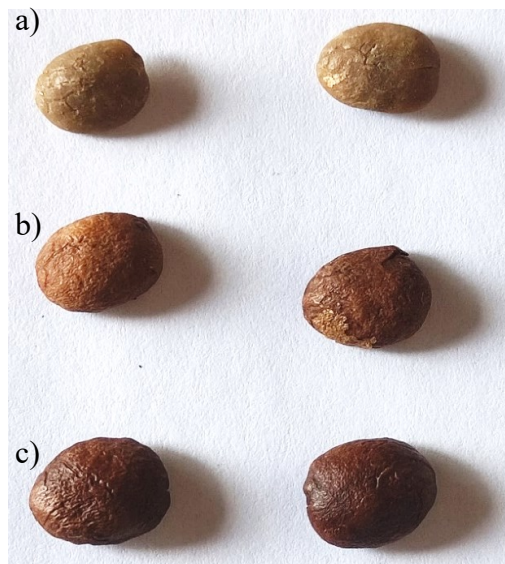
A perda de peso do café pode ser afetada por fatores como a origem do grão, a umidade antes da torrefação, condições de armazenamento e torrefação. Isso ocorre principalmente devido à liberação de água e substâncias voláteis do grão, bem como o desprendimento da camada externa fina. De acordo com o tipo de café, tempo e grau da torra, o aumento do volume dos grãos pode mais que dobrar (BICHO, 2012; HII; BORÉM, 2019).

Figura 22: Diferença de tamanho dos grãos antes e após torra.



Fonte: A autora (2022).

Figura 23: Variação do brilho e tamanhos dos grãos no início da torra (a), durante a torra (b) e no final da torra (c).



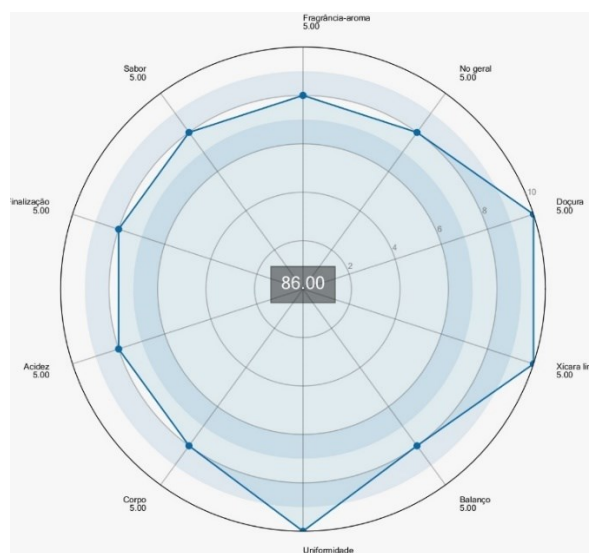
Fonte: A autora (2022).

Avaliação sensorial

Na avaliação sensorial, as amostras 7A, 9A, 16A, 17A, 22A e 23A não foram consideradas, pois, houveram problemas em seus respectivos processos de secagem pós-fermentação.

Os resultados gerais da análise sensorial dos cafés fermentados estão dispostos na Tabela 10. Conforme mostrado, houve pouca variação nas notas, que ficaram entre 82,50 e 86,00 para as amostras degustadas. A Figura 24 mostram o perfil de xícara da amostra com maior nota.

Figura 24: Perfil de xícara amostra 10A



Fonte: A autora (2022)

A melhor nota foi obtida no experimento 10A (86,00), nesta amostra o experimento contou apenas com o controle de temperatura, sendo realizado de forma seca e sem adição de inóculo. Outras amostras como 11A, 14A, 18A e 20A obtiveram pontuação sensorial superior à amostra testemunha. Estudos como o de Carvalho Neto (2018) também obtiveram melhores resultados em processos secos e com controle de temperatura quando comparados à testemunha.

Tabela 11: Notas finais da avaliação sensorial dos cafés fermentados

Amostra	Nota final
1A	82,50 ± 1,48
2A	83,65 ± 0,74
3A	82,25 ± 0,95
4A	83,50 ± 1,16
5A	82,30 ± 0,97
6A	84,95 ± 1,53
8A	85,00 ± 1,39
10A	86,00 ± 0,83
11A	85,50 ± 1,24
12A	83,70 ± 1,32
13A	85,25 ± 0,84
14A	85,50 ± 0,65
15A	84,00 ± 1,33
18A	85,50 ± 3,21
19A	83,25 ± 0,54
20A	85,50 ± 1,03
21A	83,25 ± 1,12
24A	84,00 ± 0,51
25TA	82,70 ± 1,54

Fonte: A autora (2022)

O nível de torra dos grãos influencia diretamente na formação da cor, sabor e aroma do café. Na avaliação sensorial atributos como uniformidade, xícara limpa e doçura não foram afetados pelos diferentes modos de fermentação.

Em relação à acidez, a fermentação mostra ter influência no sabor da bebida, o processo fermentativo converte açúcares em ácidos orgânicos e quanto maior a fermentação em condições favoráveis, melhor será a conversão. Nos experimentos submetidos a maior tempo de fermentação foi observado uma acidez mais acentuada, de modo positivo (VAZ, 2021; WANG, 2015). Para Evangelista (2014), a formação de pequenas quantidades de ácido acético, contribuem positivamente para a acidez e sabores frutados ou ligeiramente frutados na bebida.

Segundo Poisson (2017) e Balzer (2001), alguns ácidos presentes no grão verde como os ácidos cítrico e málico são significativos para a formação do sabor ácido, estes

são gradualmente reduzidos durante a etapa de torra. Os ácidos acético e fórmico contribuem para a chamada acidez percebida, no grão verde, sua concentração é mínima e com a degradação dos carboidratos há formação desses ácidos. De acordo com Mello (2014), a acidez diminui durante o processo de torra, de modo que, grãos com torra mais clara provocam mais acidez na xícara do que grãos com torra escura. A fase da caramelização é a responsável pela tonalidade do café, enquanto as reações de pirólise processam compostos voláteis e não voláteis e originam o sabor característicos sentidos na xícara de café.

O atributo corpo também foi influenciado, de modo positivo, pela fermentação, alguns estudos dizem que existe uma relação entre a quantidade de mucilagem aderida ao endocarpo e a consistência da bebida. Geralmente, as bebidas mais consistentes são aquelas que possuem maior quantidade de mucilagem aderida ao pergaminho durante o processamento anterior, já em cafés despulpados ou desmucilados a bebida se torna menos encorpada (RODARTE, 2008). No quesito Geral, as condições de fermentação fizeram com que as amostras obtivessem notas maiores.

Os principais componentes que originam o aroma são carboidratos insolúveis como a celulose e a hemicelulose, carboidratos solúveis, tais como, arabinose, frutose, galactose, glicose, sacarose, rafinose e estaquiose, lipídeos, ácidos clorogênicos (CGA's) e compostos nitrogenados (FADAI et al., 2017; POISSON et al., 2018).

Os carboidratos afetam a doçura, as notas de caramelo surgem das reações de Maillard entre os açúcares e os aminoácidos, já a cafeína e os ácidos clorogênicos contribuem para o amargor (SUNARHARUM; WILLIAMS; SMYTH, 2014). Em geral, o amargor percebido aumenta com graus de torras elevados. Embora a cafeína, que está presente no grão verde tenha um forte sabor amargo, contribui apenas entre 10 a 20% para o amargor percebido sensorialmente no café e sua concentração não muda durante a torrefação (POISSON et al., 2017).

De acordo com pesquisas anteriores, sabe-se que a fermentação leva a um aumento do aroma doce-caramelo no café arábica (SUNARHARUM; WILLIAMS; SMYTH, 2014). Os atributos positivos de sabor percebidos nas amostras do presente estudo foram frutado/vinho, malte/cereais, frescor/floral, caramelo, equilibrado, alcoólico/rum, chocolate, picante, noz, castanhas, cítrico e amanteigado.

De acordo com Oliveira (2006), Hadipernata e Nugraha (2018) e Alamri (2022) na torra, uma parte das proteínas do café é decomposta em aminoácidos e peptídeos livres, os quais são utilizados nas reações de Strecker, resultando em uma redução da

concentração de proteína e vale destacar que essas reações contribuem para as notas terrosas e tostadas no aroma do café.

As características predominantes na bebida do café do Cerrado Mineiro são: aroma intenso, com notas variando entre caramelo e chocolate, acidez delicada, predominantemente cítrica, corpo variando de mediano a encorpado, sabor adocicado e finalização de longa duração (TAVARES, 2016). Na Tabela 13 pode-se observar os atributos sensoriais que foram atribuídos a cada amostra degustada.

Tabela 12: Atributos sensoriais positivos e negativos das amostras dos cafés fermentados.

Amostra	Sabores e aromas percebidos
1A	Frutado, caramelo, castanhas, cereal, chocolate, nozes, pé de moleque, amêndoas, doce.
2A	Chocolate, especiarias, pêssego, floral, damasco, melaço, frutado, rapadura, lichia, frutas brancas.
3A	Castanha, caramelo, rapadura, chocolate ao leite, cacau, abacaxi.
4A	Frutas amarelas, castanha, rapadura, leve alcoólico, abacaxi, caramelo.
5A	Castanha, caramelo, chocolate, cereal.
6A	Floral, laranja, caramelo, conhaque, chocolate, mirtilo, frutas vermelhas, alcoólico, frutas negras, framboesa.
8A	Chocolate, castanhas, caramelo, rum, noz moscada, rapadura, especiarias, frutas amarelas, limão siciliano, pimenta branca.
10A	Frutado, rum, vinho rosê, especiarias, floral leve, frutas negras, mel, alcoólico, uva branca, morango, whisky, frutas vermelhas.
11A	Licor, cassis, framboesa, vinho tinto.
12A	Caramelo, chocolate, frutas rosas, castanhas, laranja, rum.
13A	Chocolate, frutas vermelhas.
14A	Frutas vermelhas, whisky, jabuticaba, rum, especiarias, caramelo, vinho tinto.
15A	Floral, castanhas, amendoim, caramelo, chocolate, mel, frutas cítricas, cereja pamonha, flor de café.
18A	Caramelo, rapadura, floral, ameixa, rum, whisky, frutas vermelhas, jabuticaba.

19A	Caramelo, abacaxi, chocolate, frutado, castanhas, cereal.
20A	Ameixa, conhaque, jabuticaba, morango, frutas vermelhas, rum, abacaxi, mel, rum, panetone, especiarias, melaço, frutado, alcoólico.
21A	Ameixa, chocolate, cereal, caramelo, floral, frutado, especiarias, licor, frutas vermelhas.
24A	Chocolate, frutado, pêssego, especiarias, laranja, cassis, caramelo, melaço.
25TA	Chocolate, caramelo, rapadura, frutas cítricas, melaço.

8. CONCLUSÃO

A partir deste estudo pode-se concluir que a fermentação e a torra provocam alterações físicas, químicas e sensoriais no café. Várias reações complexas acontecem na formação da cor, aroma e sabor do café. Na análise de cor dos grãos após serem submetidos ao processo de torrefação, constatou-se que não houveram diferenças significativas entre os diversos tratamentos. Algumas amostras desenvolveram cores mais claras durante a torra, mas isso é devido a quantidade de pergaminho aderida na superfície do grão após a torra. Conforme a intensidade da torra a cor do café pode variar, passando por um tom acastanhado e amarelado nas torras mais claras, avermelhado na torra média e marrom escuro nas torras intensas. A fermentação não influi de modo significativo na formação da cor do café.

A torra dos grãos produz melanoidinas, que são precursoras de sabor e aroma. Além disso, outros componentes são degradados enquanto que a cafeína permanece estável durante o processamento. O grupo de amostras fermentadas por mais de 24 horas se destacou com notas relativamente mais altas e apresentou descritores sensoriais de efeito positivo para cafés especiais.

Uma pequena variação na qualidade sensorial dos cafés pode representar grandes possibilidades para a produção de um café de qualidade superior, pois os microrganismos iniciadores na fermentação podem contribuir para manter a qualidade e aumentar o valor do produto final. Processos fermentativos com ou sem inoculação de leveduras conseguem manter ou melhorar a qualidade sensorial do café.

9. REFERÊNCIAS

ABIC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ. **Linha do tempo do Café**. Disponível em: <<https://www.abic.com.br/tudo-de-cafe/origem-do-cafe/linha-do-tempo-do-cafe/>>. Acesso em 14 de junho de 2022.

ABIC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ. **Origem do Café**. Disponível em: <<https://www.abic.com.br/tudo-de-cafe/origem-do-cafe/>>. Acesso em 14 de junho de 2022.

ABIC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ. **Perfil do consumidor que busca qualidade**. Disponível em: https://estatisticas.abic.com.br/wp-content/uploads/2022/04/pesq_cafe_superior_abic_spch.pdf. Acesso em 24 de junho de 2022.

ALAMRI, E.; ROZAN, M.; BAYOMY, H. **A study of chemical Composition, Antioxidants, and volatile compounds in roasted Arabic coffee**. Saudi Journal of Biological Sciences, v. 29, n. 5, p. 3133-3139, 2022.

ALVARENGA, S. T. **Caracterização química e sensorial de cafés especiais do sul de Minas Gerais**. Tese (doutorado)- Universidade Federal de Lavras, 2017.

ALVES, B. H. P. **Análise comparativa da composição química de cafés do cerrado mineiro e do sul de Minas Gerais**. Dissertação Mestrado. Universidade Federal de Uberlândia, 2004.

ALVES, E. A. et al. **Effect of fermentation in the beverage quality of robusta amazônicos**. Revista IfesCiência. ISSN 2359-4799 Volume 6. Número 3. Ano 2020 – p.159-170 DOI: 10.36524/ric. v6i3.875.

ALVES, J.J. **Café brasileiro de qualidade**. Trabalho de Conclusão de Curso. Bacharelado em Engenharia de Alimentos. Universidade Federal de Uberlândia *Campus Patos de Minas*, 2019.

ALVES, C. et al. **Acrilamida no café expresso: Influência da espécie, grau de torra e tempo de infusão**. Química dos Alimentos, v. 119, n. 3, pág. 929-934, 2010.

BALZER, H.H., 2001. **Chemistry I: non-volatile compounds**. In: Coffee. Blackwell Science Ltd, pp. 18e32.

BARBOSA, P. T.; DONATO, M. V. L. C.; SANTOS, W. W. V.; MEDEIROS, A. L. T.; SILVA, S. P. **Control of coffee beans tower degree: loss of moisture and volatile composition**. Sociedade 5.0: educação, ciência, tecnologia e amor. Recife. Vii cointer pdvl 2020. DOI: <https://doi.org/10.31692/IICIAGRO.0025>.

BICHO, Natalina Cavaco et al. **Uso de parâmetros de cor para avaliação de café torrado**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 32, p. 436-442, 2012.

BORÉM, F., GARCIA, T., AMARAL, E. 2014. **“Anatomy and chemical composition of the coffee fruit and seed”**. In Handbook of coffee post-harvest technology, 282.

BRASIL. Atilla Máquinas e Equipamentos para Torrefação. Disponível em <https://www.atilla.com.br/p/atilla-10kg-gold-plus/>. Acesso em 30 de Dezembro de 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 8, de 11 de junho de 2003. **Regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado grão cru**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 13 jun. 2003. Seção 1, p. 22-29.

BRASIL. **Região do Cerrado Mineiro. Dados da Região**. Disponível em <https://www.cerradomineiro.org/index.php?pg=regiao#group3> acesso em 15 de julho de 2022.

BUITRON, E.; BUITRON, G. **Consumo de Café no Brasil aumenta 4,80% e chega a 21 milhões de sacas**. Assessoria de Imprensa da ABIC- fevereiro/2019. Disponível em: http://consorciopesquisacafe.com.br/arquivos/consorcio/consumo/Press_release_consumo_final_vs_04_02_19.pdf. Acesso em 14 de julho de 2022.

BUFFO, R. A.; CARDELLI-FREIRE, C. **Coffeeflavour: an overview. Flavour and Fragrance**. Journal, v. 19, n. 2, p. 99–104, mar. 2004.

CARNEIRO, C. M. **Processo produtivo do café: Torrefação e qualidade**. Trabalho de Conclusão de Curso. Bacharelado em Engenharia Química. Universidade Federal de Uberlândia *Campus Patos de Minas*, 2021.

CASÉ, I. N. **Processos Alternativos de Secagem do Café Arábica**. Trabalho de Conclusão de Curso. Bacharelado em Engenharia de Alimentos. Universidade Federal de Uberlândia *Campus Patos de Minas*, 2022.

CESAR, J. **Entenda o protocolo SCA de proutuação de cafés especiais e seus 11 atributos**. Disponível em: <https://www.tostati.com.br/entenda-o-protocolo-sca-e-seus-11-atributos/> Acesso em: 27 de julho de 2022.

CIE - COMMISSION INTERNATIONAL DE L'ECLAIRAGE. Disponível em: <<http://www.cie.co.at/>>. Acesso em: 28 de Dezembro de 2022.

CLARKE, R.; VITZTHUM, O. G. **Coffee: recent developments**. [s.l.] John Wiley & Sons, 2008.

CLIFFORD, M. N. **Chemical and physical aspects of green coffee and coffee produscts**. In: CLIFFORD, M. N.; WILLSON, K. C. (Ed.). *Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beverage*. Westport: Avi, 1985. p. 305-374

COCATO, L. **Coffea arabica e Coffea canephora: quais são as diferenças das espécies?** Rehagro blog. Disponível em: <https://rehagro.com.br/blog/diferencas-das-especies-coffea-arabica-e-coffea-canephora-2/#comments>. Acesso em: 24 de junho de 2022.

DOMINGUEs, L. O. C. **Previsão da qualidade global da bebida do café: uma avaliação físico-química e sensorial a partir de métodos quimiométricos**. Dissertação de mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. - Campinas, SP: ITAL, 2019.

EUGÊNIO, M. H. A. **Análise sensorial química e perfil de voláteis de cafés especiais das quatro regiões cafeeiras do estado de minas gerais**. Lavras: UFLA, 2016. 138 p.

EVANGELISTA, S. R. et al. **Improvement of coffee beverage quality by using selected yeasts strains during the fermentation in dry process**. *Food Research International*, [s.l.], v. 61, p.183-195, jul. 2014. Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.11.033>

FABBRI, A. et al. **Numerical modeling of heat and mass transfer during coffee roasting process**. *Journal of Food Engineering*, Oxford, v. 105, p. 264-269, July 2011.

FADAI, N. T. et al. **A heat and mass transfer study of coffee bean roasting.** International Journal of Heat and Mass Transfer, v. 104, p. 787–799, 2017.

FALEIROS, R. N.; SAADI TOSI, P. G. **O café no Brasil: produção e mercado mundial na primeira metade do século XX.** História Econômica & História de Empresas, v. 22, n. 2, 19 dez. 2019.

FARAH, A.; DONANGELO, C. M. **Phenolic compounds in coffee.** Brazilian Journal of Plant Physiology, Londrina, v. 18, n. 1, p. 23-36, Jan./Mar. 2006.

FEDERAÇÃO DOS CAFEICULTORES DO CERRADO. **Dados da Região.** Disponível em: <https://www.cafedocerrado.org/index.php?pg=regiao#group3>. Acesso em: 27 de julho de 2022.

FERNANDES, A. L. T. PARTELLI, F. L. BONOMO, R. GOLYNSKI, A. **A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros.** e-ISSN 1983-4063 - www.agro.ufg.br/pat - Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 42, n. 2, p. 231-240, abr./jun. 2012

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

FERRÃO, R. G.; FERRAO, M. A. G.; VOLPI, P. S.; FONSECA, A. F. A. da; VERDIN FILHO, A. C.; COMÉRIO, M. **Cultivares de cafés Conilon e Robusta. Informe Agropecuário.** Cafés Conilon e Robusta: potencialidades e desafios, Belo Horizonte, v.41, n.309, p.17-25, 2020.

FIGUEIREDO, L. P. **Perfil sensorial e químico dos genótipos de cafeeiro Bourbon de diferentes origens geográficas.** 2010. 81p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

GALVÃO, M. M. **Conheça o café conilon-** Trabalho de compilação. Emater- ES. Vitória- ES, 1986.

GOULART, R. R. **Descoberta do café e sua distribuição no mundo.** Tecnologia em Cafeicultura. Instituto Federal de Minas Gerais, 2020.

HALAL, S. L. M. El. **Composição, Processamento e Qualidade do Café.** Bacharelado em Química de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, p.90, 2008.

HADIPERNATA, M., NUGRAHA, S. **Process technology of luwak coffee through bioreactor utilization**. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 102, 012092. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/102/1/012092>.

HEINEIRCI, G. **Quais são as fases da torra do café?** Para Atilla coffee roasters. Disponível em: <https://www.atilla.com.br/as-fases-da-torra-de-cafe/>. Acesso em 25 de Fevereiro de 2023.

HII, C. L.; BORÉM, F. M. **Drying and roasting of cocoa and coffee**. 2019.

JANSEN, G. A. **Coffee roasting - science physical and chemical reactions**. Munich: Corporate Media GmbH, 2006. 72 p.

LANDAU, E. C.; SILVA, G. A. da; MOURA, L. **Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas: produtos de origem vegetal**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. v. 2, cap. 18, p. 559-622. ISBN: 978-65-87380-03-2.

MACHADO, M. A. **Estudo das condições de fermentação do café**. Bacharelado em Engenharia de Alimentos. Universidade Federal de Uberlândia *Campus* Patos de Minas, 2019.

MAMEDE, A. M. G. N. et al. **Efeito dos níveis de torra na cor e no rendimento da extração de DNA de cafés**. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 9., 2015, Curitiba. Anais. Brasília, DF: Embrapa Café, 2015, 5 p. Disponível em: http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3528/83_IXSPCB2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Café no Brasil**. Publicado em 30/01/2017. Atualizado em 18/09/2018. Disponível em <https://www.gov.br/agricultura/ptbr/assuntos/politicaagricola/cafe/cafeiculturabrasileira>.

MARTINS, A. L. **História do Café**. São Paulo: Editora Contexto, 2008.

MATIELLO, J. B. **O café, do cultivo ao consumo**. GloboS/A. 1991.

MELO, W. L. B. **A importância da informação sobre o grau de torra do café e suas características organolépticas da bebida**. São Carlos: EMBRAPA, 2004. 4 p. (Comunicado Técnico, 58).

MUINHOS, R. **Desenvolvendo um perfil de torra**. Buena Vista Café, 01 de janeiro de 2018. Disponível em: <https://buenavistacafe.com.br/blog/2018/01/01/desenvolvendo-um-perfil-de-torra/>. Acesso em 01 de agosto de 2022.

NASCIMENTO, P. M. do. **Estudo da composição química, atividade antioxidante e potencial odorífico de um café conillon, em diferente grau de torrefação e análise comparativa com café arábica**. Dissertação de Mestrado em Química. Universidade Federal de Uberlândia, 2006.

OLIVEIRA, J. S.; ELIAS, T. J.; LESSA, M. B. **Café especial: agregação de valor ao tradicional café**. Revista Eletrônica de Comunicação - © Uni-FACEF 2008. Edição 05 Jan/Jun 2008.

OLIVEIRA, G. S. **Comparação química dos grãos de café (Coffea arábica) sadio e seus grãos PVA (pretos, verdes, ardidos) oriundos do Sul de Minas e do Cerrado Mineiro, submetidos a diferentes graus de torração**. Uberlândia, 2006. 113f. Dissertação - (Mestrado em Química), Instituto de Química, Universidade Federal de Uberlândia.

OSPINA, A. M. **O que é Fluxo de Ar na Torra do Café e Como Controlar?** Perfect daily grind. 14 de setembro de 2020. Disponível em: <https://perfectdailygrind.com/pt/2020/09/14/o-que-e-fluxo-de-ar-na-torra-do-cafe-e-como-controlar/>. Acesso em 25 de Fevereiro de 2023.

PAIVA, E. F. F. **Avaliação sensorial de cafés especiais: um enfoque multivariado**. Tese doutorado. Universidade Federal de Lavras, 2010.

PEREIRA, M. F. V. **Globalização, especialização territorial e divisão do trabalho: Patrocínio e o café do Cerrado mineiro**. Cuadernos de Geografía Revista Colombiana de Geografía, v. 23, nº. 2, p. 239-254, jul./dic. 2014. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v23n2.37333>.

POISSON, L.; BLANK, I; DUNKEL, A.; HOFMANN, T. **Chapter 12 - The Chemistry of Roasting. Decoding Flavor Formation**. Editor(s): Britta Folmer, The Craft and Science of Coffee, Academic Press, 2017, Pages 273-309, ISBN 9780128035207, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803520-7.00012-8>.

POISSON, L. et al. **New Insight into the Role of Sucrose in the Generation of α -Diketones upon Coffee Roasting**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 66, n. 10, p. 2422–2431, 14 mar. 2018.

RHINEHART, R. **What is Specialty Coffee?** Artigo publicado pela Specialty Coffee Association of America (SCAA) - junho de 2009. Disponível em: <http://www.scaa.org/?page=RicArtp2>. Acesso em: 27 de Junho de 2022.

RODARTE, M. P. **Análise sensorial, química e perfil de constituintes voláteis de cafés especiais**. 147 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2008.

RODRIGUES, H. L.; DIAS, F. D.; TEIXEIRA, N. C. ***El origen del café em Brasil: La semilla que vino para quedarse***. Revista Pensar Gastronomia, v.1, n.2, jul, 2015.

SAMPAIO, J. B. R. SPINOLA, A. C. **O consumo de café expresso no Brasil**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2000. ISSN 1517-5111; n.27

SANTANA, G. H. dos S. **Indicação Geográfica (Ig) Do Café Da Região Do Cerrado Mineiro: Formação, consolidação e perspectivas**. Monografia (Bacharelado) - Universidade Federal de Uberlândia, Graduação em Geografia. Dezembro, 2020.

SCHENKER, S.; ROTHGEB, T. **The roast: creating the beans' signature**. In: FOLMER, B. The craft and science of coffee. Amsterdam: Academic Press, 2017. chap. 11, p. 245-271.

SCHOLZ, M. B. S.; SILVA, J. V. N; FIGUEIREDO, V. R. G; KITZBERGER, C. S. G. **Atributos sensoriais e características físico-químicas de bebida de cultivares de café do iapar**. Coffe Science, Lavras, v. 8, n. 1, p. 6-16, jan./mar. 2013.

SILVA, I. S. **Obtenção de cafés especiais pela fermentação**. Trabalho de Conclusão de Curso. Bacharelado em Engenharia de Alimentos. Universidade Federal de Uberlândia Campus Patos de Minas, 2021.

SILVEIRA, A. C. M. **Classificação dos níveis de torra de cafés especiais por meio de análise de imagem digital**. Monografia. Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2021.

SOUZA, F. de F.; FERRÃO, L. F. V.; CAIXETA, E. T.; SAKIYAMA, N. S.; PEREIRA, A. A.; OLIVEIRA, A. C. B. de. **Aspectos gerais da biologia e da diversidade genética**

de Coffea canephora. cap. 4, p. 84-98. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1048385>

SHAN, O., ZZAMAN, W., YANG, T., **Impact of Different Temperature-Time Profiles during Superheated Steam Roasting on Some Physical Changes of Robusta Coffee.** *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.* 39 (3), 311–320. 2016.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION. **SCA protocols cupping specialty coffee.** 2015. Disponível em: <http://scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>. Acesso em: 01 de agosto de 2022

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

TARIGAN, E. B. et al. **The changes in chemical properties of coffee during roasting: A review.** In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2022. p. 012115.

TAVARES, K. M. **Perfil físico-químico, químico e sensorial de cafés especiais do Cerrado Mineiro.** Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2016.

TRUGO, L.C. FINGLAS, P. M. **Coffee.** In: *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, 1a ed.; Editores; Academic Press: Oxford, Reino Unido, 2003, vol. 2.

VAAST, Philippe et al. **Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (Coffea arabica L.) under optimal conditions.** *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 86, n. 2, p. 197-204, 2006. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2338>

VAZ, C. J. T. **Effect of fermentation of arabica coffee with yeast saccharomyces cerevisiae on physicochemical characteristics and sensory analysis.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Uberlândia, 2021.

WANG, X.; LOONG, T. L. **Chapter 27 - Physicochemical Characteristics of Roasted Coffee.** Editor(s): Victor R. Preedy, *Coffee in Health and Disease Prevention*, Academic

Press, 2015, Pages 247-254, ISBN 9780124095175, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409517-5.00027-9>.