

ANTONIO SERGIO DE SOUZA

FERMENTAÇÃO DO CAFÉ EM DIFERENTES TEMPOS E PROCESSOS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: André Mundstock Xavier de Carvalho

Coorientadores: Fabrícia Queiroz Mendes
Lucas Louzada Pereira
Paulo Sérgio Monteiro
Evandro Galvão Tavares Menezes

**RIO PARANAÍBA – MINAS GERAIS
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Universidade Federal
de Viçosa - *Campus Rio Paranaíba***

T

Souza, Antonio Sergio de, 1970-
S729f Fermentação do café em diferentes tempos e processos /
2021 Antonio Sergio de Souza. - Rio Paranaíba, MG, 2021.
39 f.: il. (algumas color.).

Inclui anexo.

Orientador: André Mundstock Xavier de Carvalho.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Instituto de Ciências Agrárias, 2021.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvcrp.2022.004>

Modo de acesso: <https://www.locus.ufv.br/>.

1. Pós-colheita. 2. Fermentação induzida. 3. Qualidade.
I. Carvalho, André Mundstock Xavier de. II. Universidade
Federal de Viçosa. Instituto de Ciências Agrárias. Mestrado em
Agronomia (Produção Vegetal). III. Título.

633.73

Bibliotecário(a) responsável: Crislene Silva de Sousa 2539

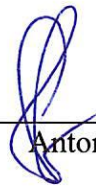
ANTONIO SERGIO DE SOUZA

FERMENTAÇÃO DO CAFÉ EM DIFERENTES TEMPOS E PROCESSOS


Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 14 de outubro de 2021.

Assentimento:



Antonio Sergio de Souza
Autor



André Mundstock Xavier de Carvalho
Orientador

Dedico a Deus e a minha família.

AGRADECIMENTOS

A Deus por seu infinito amor.

A minha esposa Jovanice, por toda a cooperação.

A minha filha Carol, pelo grande incentivo.

A meu filho Lucas, por ser sempre presente.

A professora Fabrícia Mendes, por todas as orientações.

Ao professor André Mundstock, pela coragem de encarar o desafio.

Ao Professor Lucas Louzada, pela confiança de além de orientar me apoiar neste trabalho.

A toda equipe do LAPC - Laboratório de Análise e Pesquisa em Café do IFES de Venda Nova do Imigrante, pela cooperação e trabalho pesado.

Aos professores Paulo Sérgio e Evandro pelas orientações.

Ao amigo Everaldo e todos da Cooxupé pelo apoio.

Ao amigo Dinael e todos da Fazenda Agropesg.

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

BIOGRAFIA

Antonio Sergio de Souza, filho/neto criado pela avó Lerinda Maria de Souza e avô José Salvino, natural de Patrocínio-MG, nascido 22 de fevereiro de 1970. É um jornalista apaixonado pelo agronegócio e pela cafeicultura. Em 2003, iniciou os trabalhos da Revista Cafeicultura, que se tornou a maior revista do setor de café do Brasil. Formado em engenharia agrônoma em 2019 pela Universidade Federal de Viçosa – Campus Rio Paranaíba.

Quando o agricultor ara a terra para o plantio, só faz isso o tempo todo?

Só fica abrindo sulcos e gradeando o solo?

Depois de nivelado o solo, ele não semeia o endro e não espalha as sementes do cominho?

Não planta o trigo no lugar certo, a cevada no terreno próprio e o trigo duro nas bordas?

O seu Deus o instrui e lhe ensina o caminho.

Não se debulha o endro com trilhadeira, e sobre o cominho não se faz passar roda de carro;

tira-se o endro com vara, e o cominho com um pedaço de pau.

É preciso moer o cereal para fazer pão; por isso ninguém o fica trilhando para sempre.

Fazem passar as rodas da trilhadeira sobre o trigo, mas os seus cavalos não o trituram.

Isso tudo vem da parte do Senhor dos Exércitos,
maravilhoso em conselhos e magnífico em sabedoria.

(Is 28.24-29) NVI

RESUMO

SOUZA, Antonio Sergio, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Rio Paranaíba, outubro de 2021. **Fermentação do café em diferentes tempos e processos.** Orientador: André Mundstock Xavier de Carvalho. Coorientadores: Fabrícia Queiroz Mendes, Lucas Louzada Pereira, Paulo Sérgio Monteiro e Evandro Galvão Tavares Menezes.

Com a popularização dos cafés especiais, os produtores passaram a desenvolver novas técnicas para produção de cafés diferenciados. A fermentação do café vem sendo aplicada de diferentes maneiras, com evidente carência de estudos que permitam recomendações seguras e com boa repetibilidade nos resultados. Neste trabalho, tivemos por objetivo estudar os efeitos do tempo de fermentação para a modificação do perfil sensorial do café, através do uso de cultura iniciadora com leveduras, bactérias lácticas e adição de casca do café. Especificamente, buscou-se avaliar a resposta ao processo de fermentação anaeróbica do café cereja descascado em relação ao café natural, em água ou a seco, em cinco tempos de fermentação. O experimento foi conduzido em esquema fatorial $5 \times 6 + 2$, sendo cinco tempos de fermentação de 24, 48, 72, 96 e 120 horas e seis métodos de processamento, mais dois controles, um café cereja descascado e outro café natural. Foram avaliadas as transformações microbiológicas, o *status* de pH, °Brix e temperatura no mosto de fermentação no decorrer do processo fermentativo. A avaliação sensorial dos cafés foi realizada, por uma banca com seis degustadores, todos com certificação de Q-Graders. Além disso, o perfil de compostos do café torrado foi avaliado, qualitativa e quantitativamente, por infravermelho e os dados foram submetidos à Análise de Componentes Principais (PCA). A análise sensorial dos cafés, apontou que a fermentação do café natural, em recipiente hermeticamente fechado, sem a exaustão do CO₂, com ou sem válvula airlock, proporcionou alterações favoráveis na qualidade da bebida do café, independente da adição de cultura iniciadora. Constatou que o tempo de fermentação, e o ambiente de anaerobiose, estão diretamente ligados a eficiência da fermentação, sendo que, neste estudo, o tempo de fermentação de 120 horas, proporcionou as melhores notas da análise sensorial.

Palavras-chave: Pós-colheita de café. Fermentação induzida. Qualidade de café.

ABSTRACT

SOUZA, Antonio Sergio, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Rio Paranaíba, October 2021. **Coffee fermentation at different times and processes.** Advisor: André Mundstock Xavier de Carvalho. Co-advisors: Fabrícia Queiroz Mendes, Lucas Louzada Pereira, Paulo Sérgio Monteiro and Evandro Galvão Tavares Menezes.

With the popularization of specialty coffees, producers began to develop new techniques for producing differentiated coffees. The controlled fermentation of coffee has been applied in different ways, with a clear lack of studies that allow safe recommendations and good repeatability in the results. In this work, we aimed to study the effects of fermentation time for the modification of the sensorial profile of coffee in the Cerrado Mineiro region, through the use of starter culture with yeast, lactic bacteria and addition of coffee peel. Specifically, we sought to evaluate the response to the anaerobic fermentation process of the peeled cherry coffee in relation to natural coffee, in water or dry, in five fermentation times. The experiment was conducted in a 5 x 6 + 2 factorial scheme, with five fermentation times of 24, 48, 72, 96 and 120 hours and six processing methods, plus two controls, a peeled cherry coffee and another natural coffee. Microbiological transformations, pH status, °Brix and temperature in the fermentation must were evaluated during the fermentation process. The sensorial evaluation of the coffees was performed by a booth with six tasters, all certified by Q-Graders. In addition, the profile of roasted coffee compounds was evaluated, qualitatively and quantitatively, by infrared and the data were submitted to Principal Component Analysis (PCA). The sensory analysis of the coffees showed that the fermentation of natural coffee, in a hermetically closed container, without CO₂ exhaustion, with or without an airlock valve, provided favorable changes in the quality of the coffee beverage, regardless of the addition of the starter culture. It was verified that the fermentation time, and the anaerobic environment, are directly linked to the fermentation efficiency, and in this study, the fermentation time of 120 hours provided the best notes in the sensory analysis.

Keywords: Post-harvest coffee. Induced fermentation. Coffee quality.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	10
MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
Análises de °Brix, pH e temperatura	17
Análises microbiológicas	17
Secagem e beneficiamento do café	17
Procedimento de torrefação	18
Análise sensorial	19
Análises de infravermelho	19
Análises estatísticas	19
RESULTADOS	21
Microbiologia.....	21
°Brix, pH e temperatura	21
Avaliação sensorial	23
Infravermelho.....	27
Análise sensorial descritiva.....	28
DISCUSSÃO	29
CONCLUSÕES	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
ANEXOS	39
Roda de sabores do provador de café	39

INTRODUÇÃO

A fermentação originada de leveduras e bactérias faz parte da produção de diversos produtos, como pães, queijos, vinhos, dentre outros, além de medicamentos e combustíveis. Na cafeicultura, tradicionalmente tem-se aprimorado técnicas de processamento e secagem dos frutos para evitar a interferência de processos fermentativos. No entanto, surgiram evidências que a fermentação atribui características sensoriais desejáveis evidenciando os componentes aromáticos e melhorando *flavours* na bebida. Metabólitos das leveduras que contribuem para isso incluem ácidos orgânicos, álcoois alifáticos de cadeia longa (álcoois superiores), álcoois aromáticos, ésteres, carbonilas e vários compostos sulfurados (Silva, 2019). Além disso, compostos orgânicos gerados na fermentação como trigonelina, ácido fórmico, hidroximetilfurfural, lipídios e γ -butirolactona, oriundos da fermentação do café podem contribuir para o aumento da pontuação e da qualidade sensorial da bebida de café (Brioschi, 2021).

No caso do café, os açúcares presentes na mucilagem do fruto fornecem substrato para a ação destes microrganismos, especialmente leveduras (por exemplo, *Pichia guilliermondii*, *P. anomala*, *Kluyveromyces marxianus* e *Saccharomyces cerevisiae*) e bactérias do ácido láctico (por exemplo, *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus plantarum* e *L. brevis*) (Vilela et al., 2010; Evangelista et al., 2014a; Leong et al., 2014; Pereira et al., 2017; Pereira et al., 2019).

O processo de fermentação realizado por leveduras ocorre a partir da quebra dos açúcares, seguida da descarboxilação do ácido pirúvico, gerando dióxido de carbono (CO₂) e acetaldeído, que é reduzido à etanol. No caso da fermentação láctica realizada por bactérias como as do gênero *Lactobacillus*, após a quebra de açúcares como glicose o ácido pirúvico é reduzido à ácido láctico pela enzima lactato desidrogenase (Silva, 2019).

O processo de fermentação pode ocorrer de forma espontânea ou induzida. De forma espontânea ocorre por meio da presença da microbiota nativa no meio, enquanto que de forma induzida, ocorre por meio do uso de culturas *starters* comerciais, as quais normalmente são utilizadas em elevadas concentrações (Doyle et al., 1997; Solís, 2017).

A utilização de leveduras liofilizadas busca maior eficiência do processo fermentativo, sendo adicionadas em alta concentração e possibilitando uma fermentação inicial mais rápida. Esta etapa inicial rápida é desejável devido à grande diversidade de microrganismos presentes no meio, competindo pelos substratos disponíveis. O desenvolvimento destes microrganismos

indesejáveis e a produção de alguns metabólitos podem causar perda de qualidade no produto final (Gava, 2017).

As cepas de leveduras comumente utilizadas no processo fermentativo industrial pertencem à espécie *Saccharomyces cerevisiae*. Contudo, leveduras selvagens podem crescer melhor nos estágios iniciais da fermentação e podem fornecer características especiais ao produto fermentado. Apesar disso, com a introdução de cepas selecionadas aos processos fermentativos, as cepas selvagens ou nativas são, em geral, suplantadas pelas cepas do gênero *Saccharomyces* (Verdugo, 2007). De forma geral, o processo de fermentação induz a formação de importantes precursores do aroma, compostos voláteis liberados durante a torrefação, como furanos, dicetonas, pirazinas, pirrolinas, lactonas e ácidos fenólicos (Bytof et al., 2005; Knopp, et al., 2006; Selmar et al., 2006, Pereira et al., 2019).

A polpa do grão de café é um ótimo substrato para o processo de fermentação, sendo formada por uma camada viscosa de mucilagem, com espessura média de 0,5 a 2 mm, composta principalmente por água, açúcares, proteínas, lipídios, íons inorgânicos e ácidos (Avallone et al., 2000; Bressani, 2009).

A mucilagem está fortemente aderida ao pergaminho e sua retirada pode ser realizada mecanicamente ou por processos enzimáticos que ocorrem durante a fermentação. A fermentação do café pode desintegrar a estrutura da mucilagem permitindo a quebra da proteção de pectinas, que são solubilizadas e removidas do grão através da lavagem, impedindo a ocorrência de fermentações indesejáveis, como as fermentações acéticas, butíricas e propiônicas (Wood, 1998; Chalfoun e Fernandes, 2013).

O monitoramento do processo de fermentação é realizado com o acompanhamento de fatores como temperatura, pH, °Brix, concentração de carboidratos e etanol, nível de oxigênio e CO₂ no ambiente de fermentação, uma vez que esses fatores afetam as respostas bioquímicas específicas da levedura (Neto, 2010; Silva, 2019). Além disso, é desejável conhecer e controlar a composição do mosto de fermentação, de modo a obter uma melhor repetibilidade de resultados da fermentação de café.

A temperatura é um fator determinante no processo fermentativo, pois influencia diretamente no crescimento microbiológico, regulando a velocidade de fermentação. No caso da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, sua temperatura ótima de crescimento é de 32,3 °C, com temperatura máxima de 45,4 °C (Teixeira, 2015). Também podemos observar que existe uma forte interação entre temperatura e tempo de fermentação, resultando no aumento da nota global do café. Segundo Brioschi Junior et al. (2021) a temperatura de fermentação mantida constante

em 38 °C, por 120 h, resultou em cafés com pontuação de 85 pontos, em comparação com uma nota de 81 pontos do tratamento com a temperatura mantida em 18 °C por 120 h.

Alguns métodos de fermentação dos grãos de café estão relacionados com os métodos de pós-colheita. Para cafés despulpados, a fermentação via úmida (*washed*) inicia-se após o descascamento e retirada da mucilagem em tanques de fermentação. É um método bastante utilizado na Colômbia e proporciona cafés com maior acidez e melhor corpo (Quintero, 1999; Malta et al., 2013; Pereira, 2017). Para cafés do tipo “cereja desmucilado”, a fermentação a seco ou molhada (*fully washed*) inicia-se após o descascamento e retirada mecânica da mucilagem. A fermentação, neste caso, também ocorre em tanques de fermentação e tem sido usada no processamento via-úmida para cafés arábicas de alta qualidade (Ukers, 1922; Rikxoort et al., 2014; Schwan Fleet, 2015; Pereira, 2017, Shuler, 2017). Por fim, para cafés do tipo “cereja descascado”, a fermentação a seco (*semidry*) inicia-se após o café cereja descascado ser levado para secagem, com toda a mucilagem no pergaminho, substrato para a fermentação enquanto a secagem ocorre (Brando, 2009; Vilela et al., 2010; Pereira, 2017).

Com a popularização e o aperfeiçoamento das fermentações de café, novos métodos têm surgido, como o uso da fermentação induzida por meio do uso de culturas *starters*. Estas técnicas podem potencializar a qualidade do processo fermentativo no processamento via-úmida, podendo propiciar diferenças no sabor dos grãos de café fermentado em função das mudanças químicas e bioquímicas (Knopp et al., 2006; Evangelista et al., 2014; Pereira et al., 2015, 2017).

Em paralelo aos processos de fermentação, técnicas analíticas estão sendo empregadas para suporte e compreensão dos fenômenos que ocorrem com emprego das fermentações. A técnica de espectroscopia infravermelho tem sido utilizada como ferramenta analítica rápida e precisa na determinação de constituintes em alimentos (Tavares, 2012). A espectroscopia no infravermelho possibilita a realização de análises químicas qualitativas e quantitativas de compostos e grupamentos orgânicos (Tavares, 2006; Ribeiro et al., 2011), agilizando o processo de controle de qualidade dentro da indústria de torrefação de café, por exemplo (Santos, 2005; Oliveira et al., 2020; Fioresi et al., 2021).

Assim, este trabalho teve o objetivo de estudar o efeito do tempo e do tipo de fermentação na modificação do perfil sensorial do café, através do uso de cultura iniciadora de leveduras, bactérias lácticas e adição de casca de café. Especificamente, buscou-se evidenciar a eficiência da inoculação com microrganismos selecionados em diferentes tempos de fermentação. Comparou-se também, os efeitos da fermentação no café cereja descascado em

relação ao café natural. Por fim, avaliou-se ainda a necessidade de uso da válvula *airlock* durante o processo de fermentação.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Viçosa, *Campus* Rio Paranaíba, localizada no município de Rio Paranaíba – Minas Gerais. Foram utilizados frutos de *Coffea arabica* L. var. Mundo Novocolhidos mecanicamente e separados por densidade em lavador de café. Neste processo, os cafés cerejas selecionados mantiveram parte da mucilagem e o pergaminho. Os cafés foram gentilmente cedidos pela fazenda Agropesg (Agropecuária São Gotardo), localizada no município de São Gotardo – Minas Gerais, latitude 19°14'12.7"S e longitude 46°05'50.2"W, altitude de 1170 metros.

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial fracionado incompleto $(6 \times 5 + 2) + (2 \times 2)$. Todas as unidades experimentais foram montadas simultaneamente no mesmo ambiente e devidamente casualizadas. No entanto, em função da natureza dos tratamentos, parte das variáveis-respostas foram analisadas separadamente para a fração $6 \times 5 + 2$ e para a fração 2×2 . A primeira fração foi organizada em parcelas subdivididas no tempo $6 \times 5 + 2$ com cinco repetições, sendo seis tipos de processamento/fermentação combinados com cinco tempos independentes de fermentação (24, 48, 72, 96 e 120 horas) mais dois controles, conforme descrição detalhada na Tabela 1.

Os tratamentos com café cereja descascado foram acondicionados em sacos plásticos de polipropileno com 0,15 μm de espessura, com dimensões de 60 x 40 cm. Após inserir os componentes do tratamento, o saco plástico foi fechado em seladora elétrica, e lacrado com abraçadeira de nylon 12 cm (Figura 1).

Figura 1- Saco de polipropileno contendo café cereja descascado.



Fonte: O autor.

Os tratamentos com café natural foram acondicionados em bombonas plásticas de 5 L. Na bombona com válvula *airlock*, a tampa foi furada com broca própria e foi colocado um anel de vedação usado em irrigação, denominado “chula”. Em seguida, foi colocado um “conector reto” para mangueira, onde foi fixada a ponta da mangueira de gás, sendo que a outra ponta ficou submersa em água dentro de uma garrafa PET de 2 L.

As culturas *starters* de leveduras da espécie *Saccharomyces cerevisiae* (LAL INTENSO™ e LAL ORO™, marca LALLEMAND e LNF CA-11, marca LNF) e a cultura mista de bactérias lácticas composta por *Lactobacillus acidophilus* LA-5® (10⁶UFC/g), *Bifidobacterium* BB-12® (10⁶UFC/g) e *Streptococcus thermophilus* (concentração não informada pelo fabricante), marca BioRich®, foram utilizadas na concentração de 1% (m/v) em relação ao volume de café.

As leveduras liofilizadas foram reidratadas em água (1 g em 10 mL) em temperatura de 30 a 37°C, sob agitação cuidadosa para evitar a formação de grumos. Após este processo, a suspensão foi mantida em repouso por 20 minutos.

Para ativação das bactérias lácticas foi adicionado um sachê contendo 400 mg da cultura de microrganismos em 1 L de leite integral esterilizado, aquecido a temperatura de 38° C. A suspensão ficou em repouso por 5 horas, conforme orientação do fabricante.

Após a fermentação, os cafés foram lavados em água corrente e levados para secagem em terreiro suspenso. Após a secagem, os cafés foram armazenados durante 15 dias.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos, tipos de processamento, fermentação e sua composição

Tratamento	Composição	Fermentação	Café (L)	Tipo	Adição	Inoculante	Complemento	Recipiente
PC+Peel	Café CD + Casca	espontânea	4	Washed	2 L casca		2 L de água	Saco plástico
PC+Peel+Yeast (1)	Café CD + Casca + Levedura	induzida	4	Yeast fermentation	2 L casca	LAL INTENSO	2 L de água	Saco plástico
PC+Peel+Bact. (4)	Café CD + Casca + Bactéria	induzida	4	Bact. fermentation	2 L casca	BIORICH	2 L de água	Saco plástico
PC	Café CD	espontânea	4	Washed	2 L casca		2 L de água	Saco plástico
PC+Yeast (1)	Café CD + Levedura	induzida	4	Yeast fermentation		LAL INTENSO	2 L de água	Saco plástico
PC+Yeast (2)	Café CD + Levedura	induzida	4	Yeast fermentation		LNF CA-11	2 L de água	Saco plástico
Pulped Control	CONTROLE Café Cereja Descascado		4	Semi-dry				
With airlock valve	Café NATURAL + airlock	espontânea	4	Fermentation				Bombona 5L
With airlock valve +Yeast (3)	Café NATURAL + airlock + Levedura	induzida	4	Yeast fermentation		LAL OURO		Bombona 5L
Without airlock valve	Café NATURAL Sem Airlock	espontânea	4	Fermentation				Bombona 5L
Without airlock valve+Yeast(3)	Café NATURAL Sem Airl. + Levedura	induzida	4	Yeast fermentation		LAL OURO		Bombona 5L
Natural Control	CONTROLE Café Natural		10	Natural process				

CD - Cereja descascado, **Casca** - Casca do café oriunda do descascamento, **Controles levados diretamente do lavador para a secagem**, **Airlock** – Válvula de alívio da pressão de CO₂ da bombona.

Yeast (1) – LALCAFÉ INTENSO™ (*Saccharomyces cerevisiae.*) – 10⁷ UFC/g*

Yeast (2) – LNF CA-11 (*Saccharomyces cerevisiae*– 10⁷ UFC/g*

Yeast (3) – LALCAFÉ ORO™ (*Saccharomyces cerevisiae.*) – 10⁷ UFC/g*

Bact. (4) – BioRich® - *Lactobacillus acidophilus* LA-5® (10⁶ UFC/g*), *Bifidobacterium* BB-12® (10⁶ UFC/g*) e *Streptococcus thermophilus*

* (concentrações indicadas pelo fabricante)

Análises de °Brix, pH e temperatura

As análises de °Brix, pH e temperatura foram realizadas diretamente nos sacos plásticos, que foram sendo deslacrados em cada tempo (24, 48, 72, 96 e 120 horas) para os tratamentos PC+Peel, PC+Peel+Yeast (1), PC+Peel+Bact. (4), PC, PC+Yeast (1), e PC+Yeast (2) referentes ao esquema fatorial $6 \times 5 + 2$.

Em cada tempo também foram coletadas, em frascos estéreis, amostras de 50 mL do mosto de fermentação, que foram mantidas sob refrigeração até a realização das análises físico-químicas e microbiológicas.

Análises microbiológicas

As contagens de leveduras e bactérias lácteas foram realizadas durante a fermentação do café de acordo com a metodologia descrita por Silva et al. (2007). Alíquotas dos mostos foram coletadas diretamente nos fermentadores e submetidas a diluições sucessivas utilizando água peptonada 0,1% (m/v) como diluente. Na análise de bactérias lácticas, as placas de Petri com meio de cultura ágar nutriente, contendo 0,1% (m/v) de ciclohexamida para inibir o crescimento fúngico foram inoculadas e incubadas a 30 °C por 48 h. Na análise de leveduras, as placas de Petri com meio de cultura ágar YEPG contendo 0,01% de cloranfenicol para inibir o crescimento bacteriano foram inoculadas e incubadas a 30°C por 5 dias. As análises foram realizadas em duplicata e os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônias por mL (UFC/mL).

Secagem e beneficiamento do café

Após o processo de fermentação, os cafés foram lavados e levados para secagem em terreiro suspenso. Durante a secagem, os cafés foram cobertos no período da noite com pano de colheita e lona plástica. A secagem no terreiro suspenso foi concluída quando os grãos atingiram a faixa de 11,5 a 12,0 % em base úmida (% b.u.).

O teor de água dos grãos de café foi determinado em amostra de 10 g seca em estufa a 105 ± 1 °C, por $16 \pm 0,5$ horas, conforme o método padrão internacional da ISO 6.673 (International Organization For Standardization, 2003).

Após a secagem, as amostras de café foram armazenadas em sacos de papel e reunidas de forma aleatória em fardos durante 15 dias. Após este período foram beneficiadas em descascador, classificadas na peneira 16 acima, sem defeitos, sendo preparada uma alíquota de 300 g para as análises posteriores.

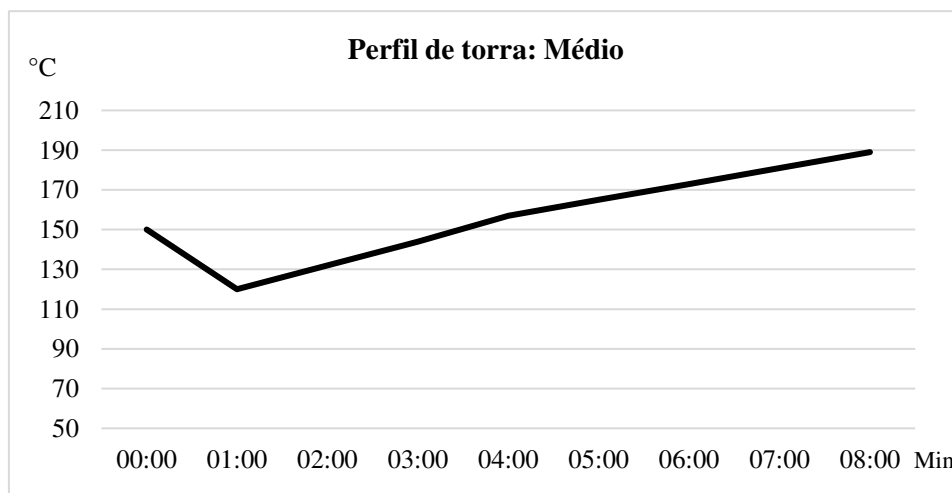
Procedimento de torrefação

Foram retirados todos os defeitos das amostras de café conforme metodologia COB – Classificação Oficial Brasileira (BRASIL, 2003). O processo de torra foi realizado em um torrador modelo TP2 da marca Probat© 24 horas antes da análise sensorial, conforme proposto pela metodologia SCA (SCAA, 2009). Para cada amostra torrada, foram utilizados 100 g de café verde que foram submetidos ao perfil de torra, conforme mostra Figura 1.

Para determinar o grau de torra, o sistema de disco de cor de classificação de torra da Agrtron / SCAA foi usado. Assim, a torra teve duração média de 8 minutos com padrão de disco Agrtron 55 (SCAA, 2009).

Para cada amostra foi separado 70 g de café torrado para análise sensorial e 20 g de café torrado para posterior análises químicas.

Figura 1. Perfil de torra desenvolvido para as amostras experimentais, torrador TP2



Fonte: Própria (2021)

Análise sensorial

A avaliação sensorial foi realizada por uma banca de 6 (seis) degustadores, todos com certificação de *Q-Graders*, no Laboratório de Análises e Pesquisa em Café, LAPC, do Instituto Federal do Espírito Santo, *Campus Venda Nova do Imigrante*, respeitando a metodologia da *Specialty Coffee Association* (SCA). Foram avaliados onze atributos: fragrância/aroma, uniformidade, xícara limpa, doçura, sabor, acidez, corpo, gosto residual, equilíbrio e nota geral e total (SCAA, 2015, Pereira et al., 2015; Pereira et al., 2018). As torras foram conduzidas utilizando o torrador Probatino, entre 8 a 9,5 minutos, tendo a cor monitorada com conjunto de discos Agron-SCA, cores #63 e #48. Na sequência as amostras permaneceram lacradas, durante 24 horas. Em seguida, estas foram moídas com moedor elétrico Bunn G3 com granulometria média/grossa 0,20 mesh. Cada amostra foi avaliada com 5 xícaras, sendo adotada a concentração ótima de 8,25 gramas de café moído em 150 ml de água, em conformidade com o ponto médio do gráfico de equilíbrio ótimo para obtenção do Golden Cup (SCAA, 2015). Os avaliadores iniciaram as avaliações quando a temperatura das xícaras atingiu 55 °C, respeitando o tempo de 4 minutos para a degustação após a infusão (SCAA, 2015).

Análises de infravermelho

Os espectros de infravermelho médio das amostras de café torrado e moído foram obtidos em um espectrômetro modelo Cary 630 FTIR do fabricante Agilent Technologies, num acessório ATR (*attenuated total reflectance*) de diamante com ângulo de reflexão de 45°, 1 mm de diâmetro, 200 mm de área ativa e aproximadamente 2 mm de profundidade de penetração na amostra, utilizando um detector de reflectância de seleneto de zinco (ZnSe). O espectro registrado foi obtido como a média de 8 varreduras consecutivas, com resolução de 4 cm⁻¹ na faixa de trabalho de 4000 a 630 cm⁻¹ (Risticevic et al., 2008; Ribeiro et al., 2009; Gomes et.al., 2020).

Análises estatísticas

Os dados do perfil das classes químicas (infravermelho) foram submetidos à análise de variáveis canônicas ou agrupamento hierárquico, mediante exames visuais em dispersões gráficas, sendo recomendados os escores das duas primeiras variáveis canônicas com mais de 80 % da variação total. Os demais dados foram submetidos aos testes de Jarque-Bera, Levene (Med), Tukey para aditividade e ESD para avaliação das condições de normalidade, homocedasticidade, aditividade e presença de *outliers*, respectivamente. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e, quando pertinente, as médias foram comparadas pelo teste de SNK ou Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro α . Dados de contagem foram submetidos aos mesmos procedimentos após transformação *rank*. Comparações entre grupos de tratamentos foram realizadas por contrastes testados pelo teste t. O comportamento do mosto de fermentação ao longo do tempo foi avaliado por análise de regressão, sendo a qualidade do ajuste avaliada pelo teste F da ANOVA da regressão e pelo coeficiente de determinação ajustado (R^2_a). A falta de ajuste foi considerada ao nível de 5 % de probabilidade. Foram avaliados os ajustes aos modelos linear, quadrático, raiz quadrada, exponencial e logístico. Foram utilizados os softwares SPEED Stat (Carvalho et al., 2020) e Genes (Cruz, 2013).

RESULTADOS

Microbiologia

A contagem de leveduras após 120 horas de fermentação foi observada apenas nos tratamentos PC+Peel+Yeast (LAL1), PC+Yeast (LAL1) e PC+Yeast (CA11), nos quais foi realizada a inoculação com culturas *starters* de leveduras da espécie *Saccharomyces cerevisiae*, (Figura 1), não havendo um crescimento significativo de leveduras nos demais tratamentos.

Em relação à contagem de bactérias lácticas, os tratamentos não diferiram entre si, mesmo entre aqueles inoculados com as culturas *starters* de *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium* e *Streptococcus thermophilus*.

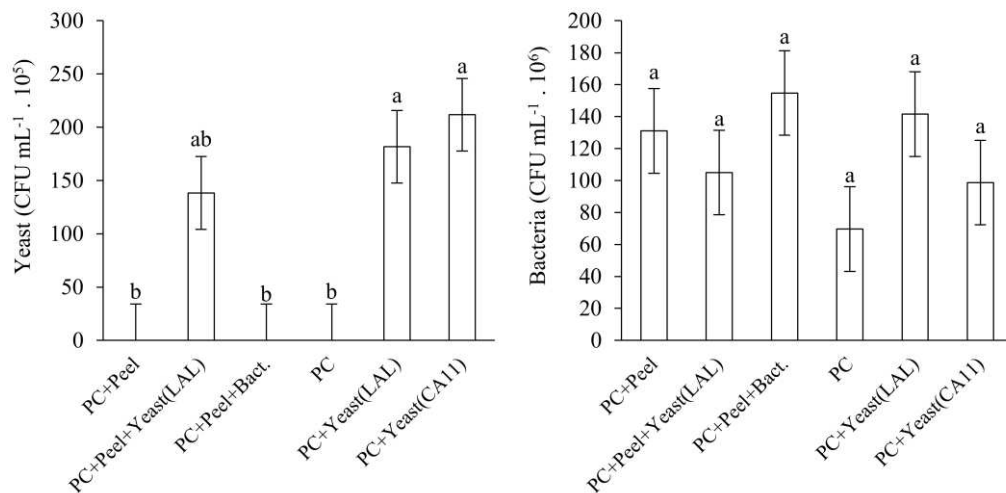


Figura 1. Contagem de leveduras e bactérias lácticas no mosto de fermentação de café descascado (PC) após 120 h do início do processo na presença ou não da casca (Peel) inoculados ou não com leveduras (isolados LAL e CA11) ou bactérias lácticas (Bact.). Não há evidência suficiente de que médias (\pm se) seguidas por uma mesma letra difiram entre si pelo teste SNK a 5 %.

°Brix, pH e temperatura

Observou-se uma redução do pH e do °Brix no mosto de fermentação ao longo do tempo de fermentação (Figura 2). A temperatura média do mosto diferiu significativamente entre os tratamentos, embora nenhum modelo testado tenha apresentado um ajuste adequado aos dados observados (Figura 2). Em geral, houve uma redução na temperatura do mosto ao redor de 48 h de fermentação, com retorno da temperatura inicial após 120 h.

Na fase inicial de fermentação, de 24 a 48 horas, houve pouca ou nenhuma alteração do °Brix (Figura 2). Após 48 horas, ocorreu um declínio acentuado no °Brix (Figura 2), aproximadamente sincronizado com a redução do pH. O tempo de fermentação afetou significativamente o pH do mosto, numa relação de decrescimento exponencial com estabilização a partir de aproximadamente 72 h (Figura 2).

A presença de casca no mosto de fermentação influenciou o pH e o °Brix inicial (24 h), com pouca ou nenhuma influência sobre a temperatura do mosto de fermentação (Figura 2). Além disso, a adição de inoculantes microbianos reduziu o °Brix nas primeiras horas de fermentação em relação aos tratamentos não inoculados (Figura 2).

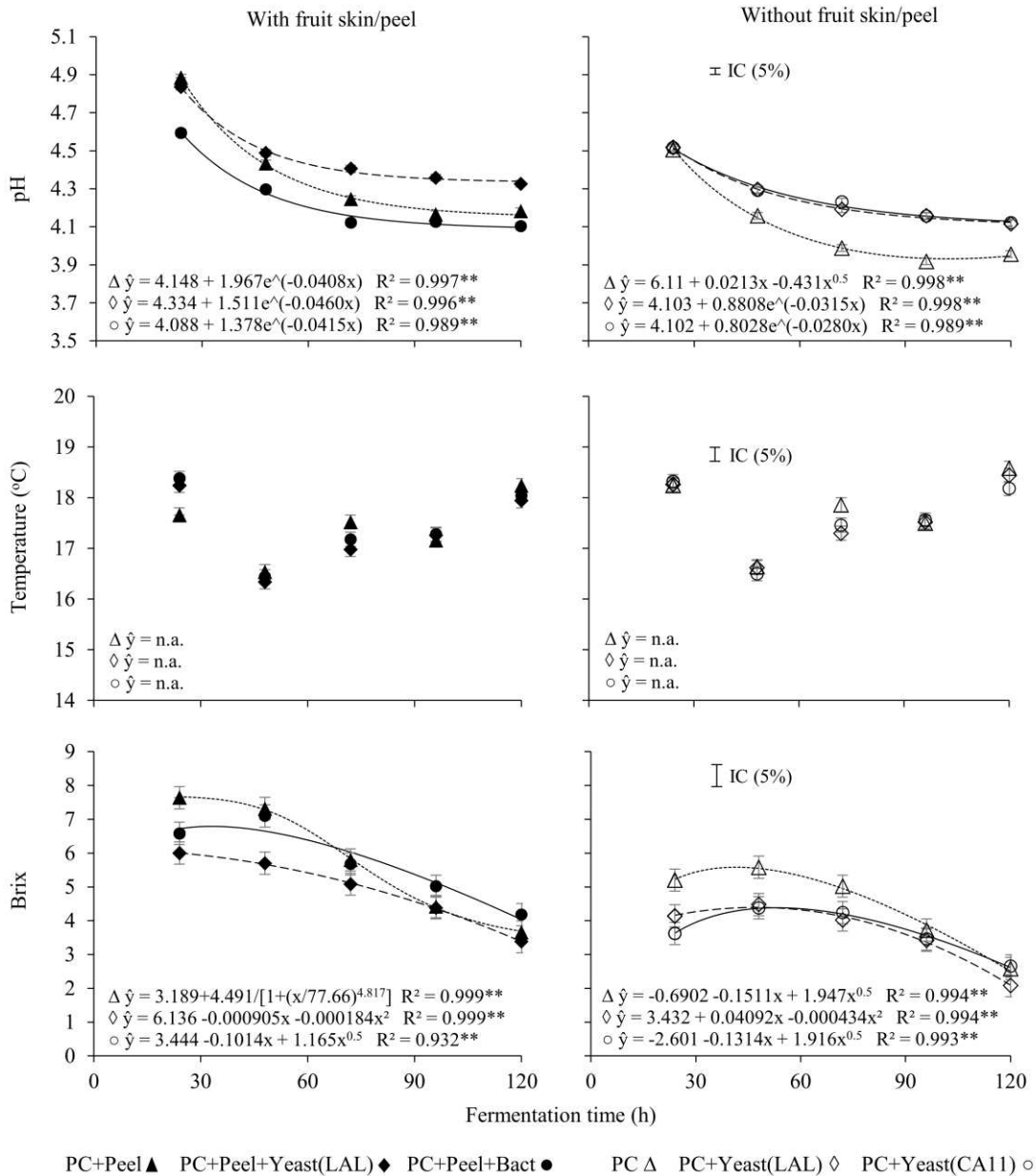


Figura 2. Variação de temperatura, pH e °Brix do mosto de fermentação de café descascado (PC) ao longo de 120 horas do processo fermentativo na presença ou não da casca (Peel), inoculados ou não com leveduras (isolados LAL e CA11) ou bactérias (Bact). Modelos seguidos de * e ** são estatisticamente significativos pelo teste F a 5 e 1 % de probabilidade de erro e possuem falta de ajuste não significativa. n.a.: há diferenças significativas entre as médias, mas nenhum modelo testado apresentou ajuste significativo. Barra isolada representa o intervalo de confiança a 5 %.

Avaliação sensorial

A pontuação de atributos sensoriais da primeira fração do experimento é apresentada na Figura 3. Em geral, os parâmetros sensoriais isoladamente foram pouco afetados pelos diferentes tipos de fermentação ou pelo tempo de fermentação (Figura 3), com diferenças médias não superiores à 0,5 pontos. Apesar da pequena magnitude, diferenças reais foram observadas para quase todos os atributos, com notas finais acumuladas atingindo quase 3 pontos de diferença entre alguns tratamentos. A maior parte das diferenças ocorreram entre os tratamentos com casca no mosto de fermentação. No entanto, para quase todos os atributos sensoriais, o tratamento controle sob fermentação natural obteve as melhores notas.

Não houve evidência suficiente de que a inoculação com bactéria tenha alterado algum atributo sensorial entre os tratamentos desta primeira fração do experimento. No entanto, a inoculação com a levedura na presença de casca resultou em alterações positivas nos atributos sensoriais em função do tempo de fermentação. Em geral, o tempo de aproximadamente 48 h de fermentação reduziu as notas dos atributos neste tratamento, com recuperação estabilizada ao final de 120 h de fermentação (Figura 3).

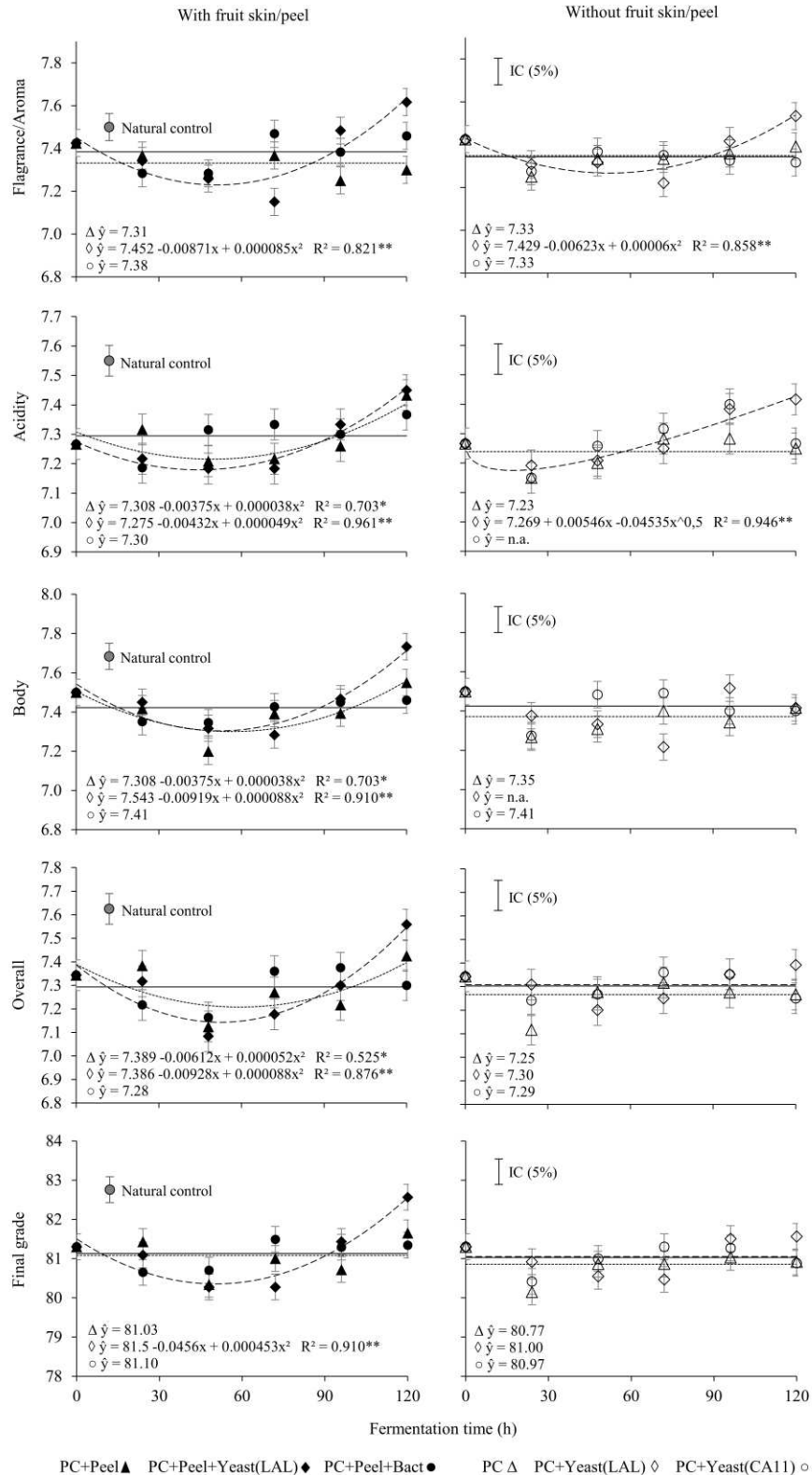


Figura 3. Parâmetros sensoriais da bebida de café de grãos submetidos à diferentes tempos de fermentação na presença ou não da casca (Peel) e inoculados ou não com leveduras (isolados LAL e CA11) ou bactérias lácticas (Bact). Modelos seguidos de * e ** são estatisticamente significativos pelo teste F a 5 e 1 % de probabilidade de erro e possuem falta de ajuste não significativa. n.a.: há diferenças significativas entre as médias, mas nenhum modelo testado apresentou ajuste significativo. Barra isolada representa o intervalo de confiança a 5 %.

A avaliação sensorial considerando ambas as frações do experimento é apresentada na Figura 4. Neste caso, a avaliação foi realizada apenas após 120 h de fermentação. De modo geral, os cafés naturais, ou seja, não descascados sob mosto “seco” obtiveram maiores notas globais, na análise sensorial, que os cafés descascados, independentemente do tipo de inoculação ou outras condições de fermentação (Figura 4).

Entre os cafés não descascados não houve evidência suficiente de que uma maior pressão parcial de CO₂ (tratamentos com válvula *airlock*) promoveu benefícios à qualidade sensorial da bebida. Na fermentação de cafés naturais sob mosto “seco”, com exceção do tratamento com válvula *airlock* e inoculação com a levedura LALCAFÉ OURO, os demais tratamentos resultaram em bebidas com notas finais superiores à nota final obtida no tratamento controle.

Para os cafés descascados, a adição de casca e levedura LALCAFÉ Intenso™ (Pc+Peel) ao mosto de fermentação resultou em um aumento significativo na qualidade sensorial da bebida, com efeitos relativamente grandes para sabor (d=0,86), corpo (d=1,16) e nota final (d=0,85). No entanto, a qualidade sensorial não diferiu do café natural (Figura 4).

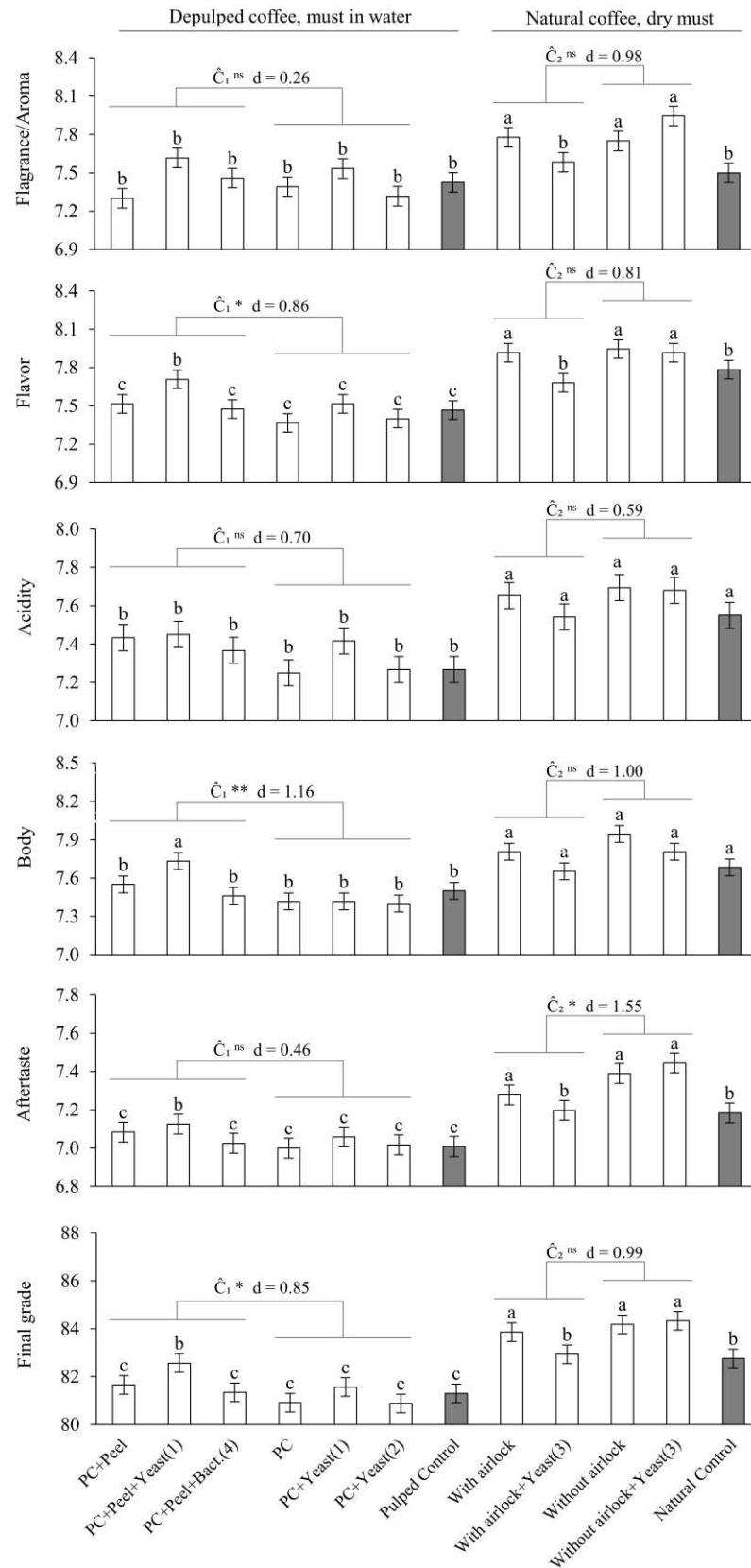


Figura 4. Parâmetros sensoriais da bebida de café de descascados ou não, submetidos à fermentação por 120 horas, em diferentes condições de fermentação. Não há evidência suficiente de que médias (\pm se) seguidas por uma mesma letra difiram entre si pelo teste de

Scott-Knott a 5 %. \hat{C}_1 e \hat{C}_2 : contrastes 1 e 2 testados pelo teste t. d: medida de *effect size* d-Cohen.

Infravermelho

A análise de componentes principais (PCA), realizada nas amostras do tempo de fermentação de 120 horas, evidenciou absorções referentes aos estiramentos C–O de ácidos carboxílicos (região espectral entre 1317 e 1095 cm^{-1}) e estiramentos C–H presentes em grupos funcionais de anéis aromáticos (região espectral entre 1093 e 873 cm^{-1}) (Figura 5).

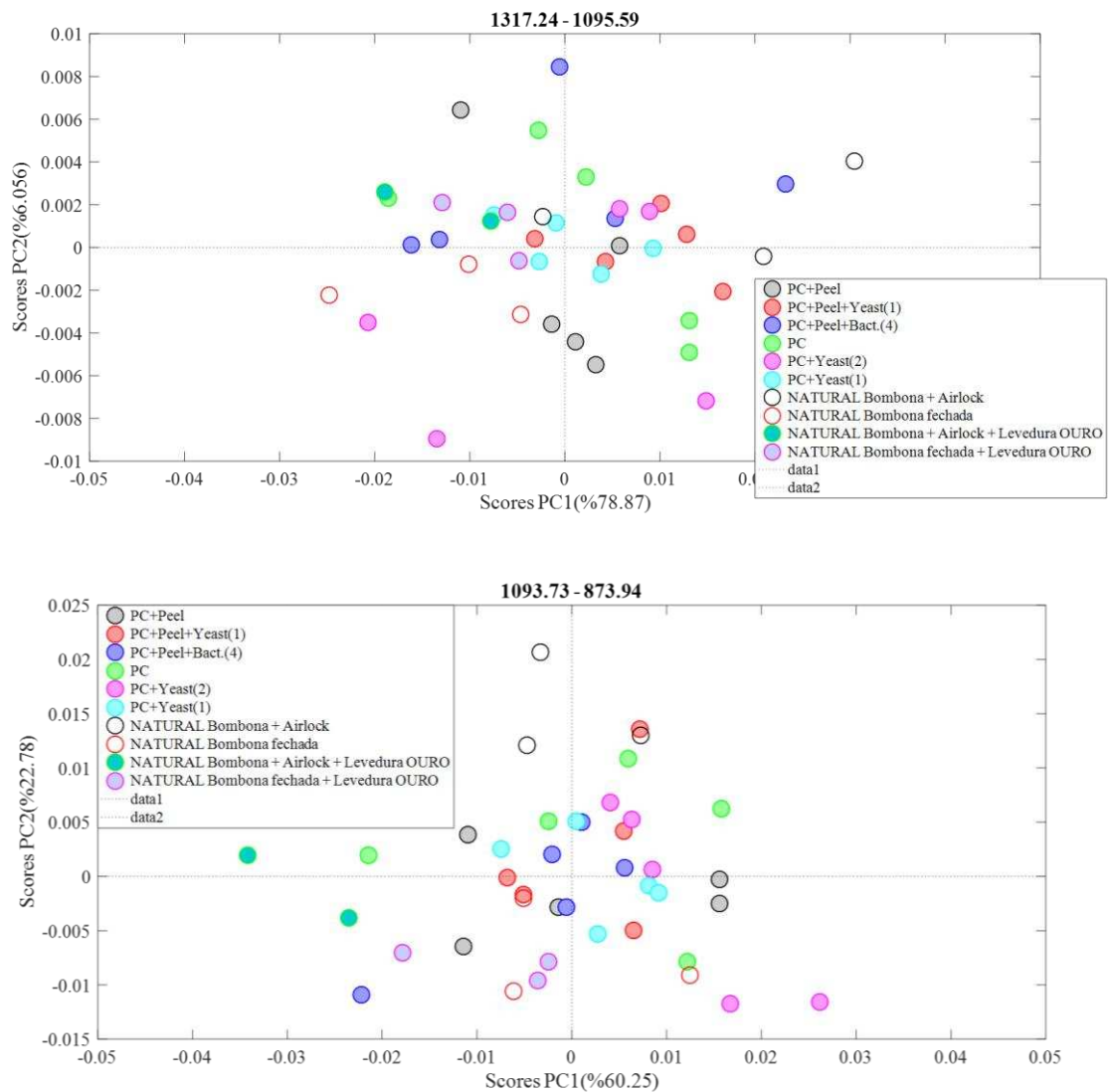


Figura 5. Gráfico de scores nas duas primeiras componentes principais para os tratamentos testados no tempo de 120 horas.

Análise sensorial descritiva

A análise sensorial descritiva demonstra a relação do aumento do tempo de fermentação com o ganho da complexidade de atributos sensoriais (Figura x). Os tratamentos inoculados com as leveduras LALCAFÉ INTENSO e ORO apresentaram atributos sensoriais variados, com destaque para o frutado, floral e ácido. O tratamento inoculado com a levedura CA11, especializada na produção de etanol, não apresentou formação de atributos sensoriais floral e frutado (Figura 6). Os tratamentos com café natural apresentaram formação de notas frutadas, floral, ácidos e doce (Figura 6).

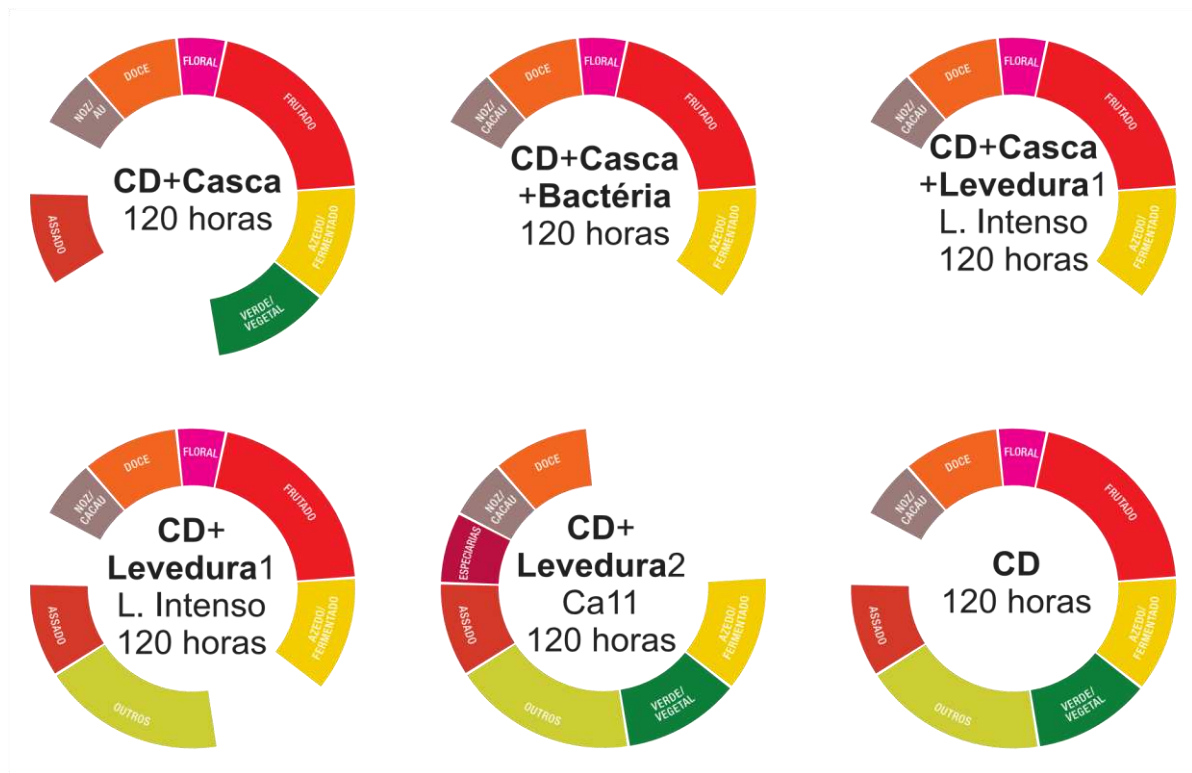


Figura 6. Anel interno da Roda sabores análise cafés cereja descascados + casca. Adaptada © 2016 SCAEWCR

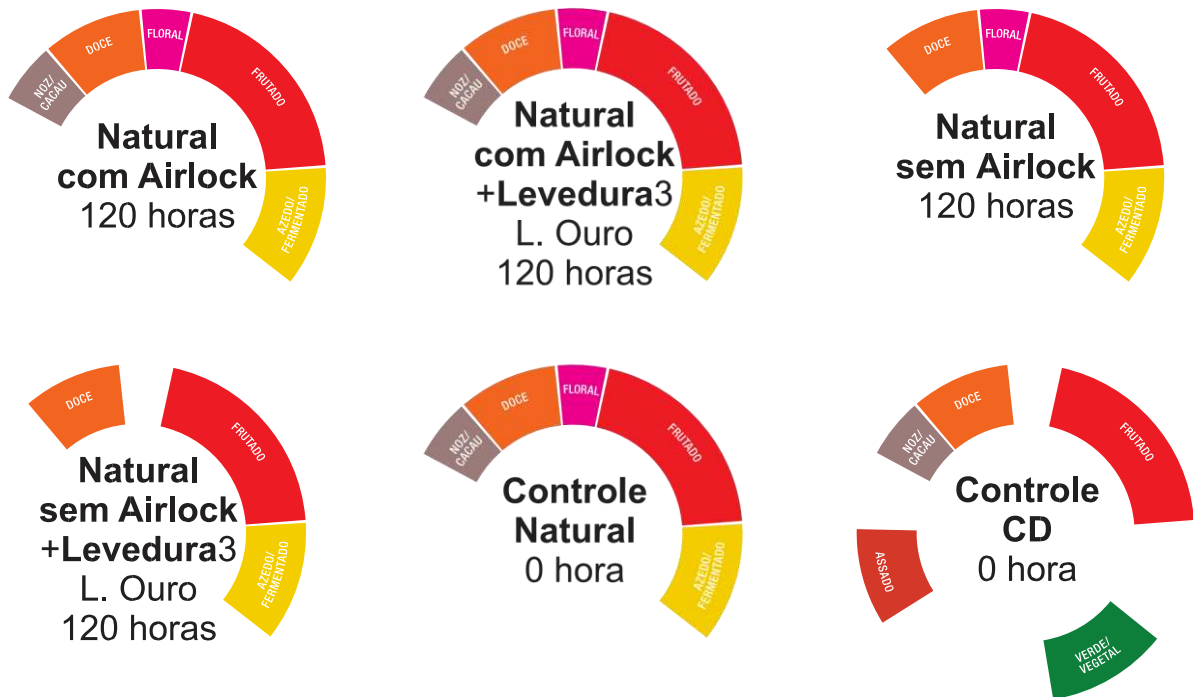


Figura 7. Anel interno da Roda sabor café natural fermentado com e sem válvula *airlock*. Adaptado ©2016 SCA E WCR

DISCUSSÃO

Neste estudo foram avaliadas as alterações sensoriais da bebida do café arábica, relacionada aos processos fermentativos. Os resultados obtidos demonstram efeitos positivos de alguns tipos de fermentação para elevação da nota sensorial da bebida do café (Figura 4, *Final grade*). Fato que vem de encontro aos estudos que demonstraram que os processos fermentativos podem ser utilizados como estratégia para o incremento da nota sensorial da bebida do café (Evangelista et al., 2014; Pereira et al., 2015, 2020).

No grupo dos tratamentos de café cereja descascado fermentado em água, o uso da casca do café, proveniente do próprio descascamento, utilizada como fonte de inóculo para potencializar a fermentação, se revelou como benéfica para a melhoria da qualidade da bebida dos cafés fermentados, obtendo nota superior ao controle com café cereja descascado. Ainda que o controle natural, não fermentado, tenha atingido nota final superior, a análise sensorial dos cafés fermentados com adição de casca com a levedura, apontou para uma maior complexidade de aromas e sabores que os controles (Figura 6), o que pode estar relacionado ao aumento de compostos oriundos da casca de café adicionada (Oliveira et al., 2020).

O bom desempenho do tratamento com adição de levedura como cultura iniciadora, em conjunto com a adição da casca do café, pode estar relacionado ao prolongamento do tempo de fermentação, o que pode ter resultando na produção de metabolitos mais complexos (Rahmawati e Risna, 2018). Com isto, forma-se um mosto ainda mais enriquecido com a casca em conjunto com a camada mucilaginosa que envolve o pergaminho do café descascado, que é constituída por 84,2 % de água, 8,9 % de proteína, 4,1 % de açúcar, 0,91 % de substâncias pépticas e 0,7 % de cinzas (Belitz, Grosch, e Schieberle, 2009, Lee et al., 2015). Outro ponto que deve ser considerado, é o efeito multiplicador dos outros microrganismos presentes na casca do café, que migram para o processo fermentativo e afetam a qualidade final do café (Pereira et al., 2014; Schwan e Fleet, 2014; Lee et al., 2015).

Este estudo demonstrou, portanto, que um método simples que pode ser utilizado pelo produtor para ativação da fermentação é a adição da casca. A casca, além de potencialmente fonte de microrganismos, é uma importante fonte de carbono e nitrogênio para o processo fermentativo, rica em celulose, hemicelulose, pectinas, açúcares redutores, sacarose, amido, óleos, proteínas, ácidos e cafeína (Oliveira, 2020).

No grupo de tratamentos de café natural fermentado sem água não foi observado evidência de que a presença da válvula *airlock* promova melhorias na qualidade final dos cafés fermentados. A atmosfera de alta pressão, criada dentro do biorreator, sem a liberação do CO₂, potencializou o processo fermentativo, já que os tratamentos completamente herméticos, sem o uso de válvula *airlock*, obtiveram as melhores notas sensoriais. A fermentação em atmosfera modificada potencializa a alteração do perfil volátil do café e pode modificar o perfil químico do grão, como ocorre no cacau (Silva et al., 2008; Pereira et al., 2013; Carvalho Neto et al., 2017; Palumbo, 2020).

Podemos notar que o processo fermentativo em ambiente de anaerobiose induzida, com tempo prolongado de fermentação influencia as características químicas, microbiológicas e sensoriais do café e são capazes de incrementar os sabores na bebida do café (Palumbo, 2020). O processo prolongado de fermentação do café, foi responsável pela intensificação geral dos aromas florais, com bebida apresentando acidez cítrica, frutado e maltado na bebida do café (Zhang et al., 2019).

O tratamento controle natural apresentou uma boa nota final de bebida em relação aos demais tratamentos sob fermentação em água (Figura 4, Final grade). Demonstrando que o processo de fermentação do café, pode alterar o sabor e o aroma da bebida, mas isso, não necessariamente vai resultar no aumento da sua nota sensorial. Contudo, os tratamentos com

inoculação produziram cafés com atributos sensoriais distintos, como os tratamentos com adição da casca do café oriunda do descascamento, onde ressaltou os atributos dominantes como frutado, floral e doce (Figuras 6 e 7).

A análise sensorial apontou que os tratamentos inoculados com as leveduras LALCAFÉ INTENSO e ORO contribuíram para a formação de bebidas com aromas e sabores diferenciados na bebida, com destaque para o frutado, floral, doce e ácido (Figuras 9 e 10). A utilização de cultura starter contribuiu para melhorar os atributos do café em termos de sabor e aroma (Evangelista et al., 2014; Silva et al., 2013; Ribeiro et al., 2017; Mota et al., 2020). Segundo Ramos et al. (2010), Silva et al. (2013) e Martinez et al. (2017), outra vantagem potencial da adição de culturas iniciadoras é a capacidade de inibição competitiva com fungos filamentosos, que podem contaminar e deteriorar a qualidade da bebida.

Este estudo demonstrou que o prolongamento do tempo de fermentação aumentou a percepção de atributos sensoriais da bebida do café com destaque para notas florais, frutado, doce e acidez. O ácido cítrico é um produto típico de fermentações longas (Lues e Theron, 2011) e a sua presença é um atributo desejado em cafés especiais. A percepção sensorial da acidez nos cafés com 120 h de fermentação foi coerente com a observação de um estiramento na região espectral da formação de ácidos clorogênicos (ácidos carboxílicos) com forte atividade antioxidante (1317 a 1095 cm^{-1}) e com a formação de compostos químicos aromáticos (1093 a 873 cm^{-1}) na análise por infravermelho. É bem conhecido que o tempo prolongado de fermentação resulta no aumento das concentrações de ácido acético, ácidos clorogênicos, etanol, glicerol, ácido glicurônico, ácido láctico, manitol e ácido succínico (De Bruyn et al., 2017).

Contudo, a fermentação prolongada exige cuidados extras. Segundo Guyot et al. (1991) e Zhang et al. (2019), a presença de grupos microbianos indesejáveis, como enterobactérias ou bactérias do gênero *Clostridium* podem gerar sabores indesejáveis (notadamente, ácido butírico).

CONCLUSÕES

O tipo e o tempo de fermentação do café cereja descascado afetaram a qualidade sensorial da bebida, sendo recomendável adicionar a casca ao mosto de fermentação. Não houve evidência suficiente para sustentar a recomendação de inoculação com culturas *startes*, seja de leveduras ou bactérias, uma vez que os cafés naturais, mesmo que não inoculados, obtiveram as melhores notas.

A fermentação do café natural, em recipiente hermeticamente fechado, sem a exaustão do CO₂, com ou sem válvula airlock, proporciona alterações favoráveis na qualidade da bebida do café, mesmo que sem adição de cultura iniciadora.

O tempo de fermentação, e o ambiente de anaerobiose estão diretamente ligados a eficiência da fermentação, sendo que, neste estudo o tempo de 120 horas proporcionou as melhores notas na análise sensorial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AVALLONE, S.; GUIRAUD, J. P.; GUYOT, B.; OLGUIN, E.; BRILLOUET J. M. Polysaccharide constituents of coffee-bean mucilage. **Journal of Food Science**. v. 65, p. 1308-1311, 2000.

BANHARA, V. F. **Análise das alterações biomoleculares causadas pelo fármaco diclofenaco sódico em peixes da espécie *Brycon opalínus* através da espectroscopia no infravermelho por transformada de fourier (FTIR)**. 2016. Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, SP, 2016.

BELITZ, H. D.; GROSCH, W.; & SCHIEBERLE, P. **Food Chemistry**, Berlin, Heidelberg: Springer. 4^a ed, p. 1070, 2009.

BRANDO, C. H. J. Harvesting and green coffee processing. In: WINTGENS, J. N. (Ed.). **Coffee: growing, processing, sustainable production**. 2. ed. Weinheim: Wiley-VCH,. p. 610-723, 2009.

BRASIL. **Instrução Normativa 8/2003**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. BINAGRI - SISLEGIS, [Brasília], p. 9, 2003. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/normativos-cgqv/pocs/instrucao-normativa-no-8-de-11-de-junho-de-2003-cafe-grao-cru/view>. Acesso em: 20 dez. 2020.

- BRESSANI, E. **Guia do barista - da origem do café ao espresso perfeito**. 2 ed. São Paulo: Café Editora, 2009. 68 p.
- BRIOSCHI, D. JR; GUARÇONI, R. C.; SILVA, M. C. S.; VELOSO T. G. R.; KASUYA, M. C. M.; OLIVEIRA, E. C. S.; LUZ, J. M. R.; MOREIRA, T. R., DEBONA, D. G.; PEREIRA, L. L. Microbial fermentation affects sensorial, chemical, and microbial profile of coffee under carbonic maceration. **Food Chemistry**, v. 342, 2021.
- BYTOF, G.; KNOPP SE.; SCHIEBERLE P.; TEUTSCH I.; SELMAR D. Influence of processing on the generation of g-aminobutyric acid in green coffee beans. **European Food Research and Technology**, v. 220, p. 245–250, 2005.
- CARVALHO NETO, D.; MELO, P. G.; TANOBE, V.; THOMAZ, S. V.; SILVA, B. G.; RODRIGUES, C.; SOCCOL, C. Yeast diversity and physicochemical characteristics associated with coffee bean fermentation from the Brazilian Cerrado Mineiro region. **Fermentation**, v. 3, p. 11, 2017.
- CARVALHO, A. M. X.; MENDES, F. Q.; MENDES, F. Q.; TAVARES, L. F. SPEED Stat: a free, intuitive, and minimalist spreadsheet program for statistical analyses of experiments. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 20(3): e327420312, 2020.
- CHALFOUN, S. M.; FERNANDES, A. P. Efeitos da fermentação na qualidade da bebida do café. **Revista Visão Agrícola**, n. 12, jan./jun. 2013.
- CHENG, B.; FURTADO, A.; SMYTH, H. E.; HENRY, R. J. Influence of genotype and environment on coffee quality. **Trends in Food Science & Technology**, v. 57, p. 20–30. 2016.
- CRUZ, C. D. GENES: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum – Agronomy**, v. 35, p. 271-276, 2013.
- DE BRUYN, F.; ZHANG, S. J.; POTHAKOS, V.; TORRES, J.; LAMBOT, C.; MORONI, A. V.; CALLANAN, M.; SYBESMA, W.; WECKX, S.; DE VUYST, L. Exploring the impacts of postharvest processing on the microbiota and metabolite profiles during green coffee bean production. **Food Microbiology**, v. 83, e02398-16, 2017.
- DOYLE, M.; BEUCHAT, L.; MONTVILLE, T. Microbiología de los alimentos: fundamentos y fronteras. **Editorial Acribia S.A.**, Espanha, p. 799, 1997.
- EVANGELISTA, S. R.; MIGUEL, M. G. D. C. P.; DE SOUZA CORDEIRO, C.; SILVA, C. F.; PINHEIRO, A. C. M.; SCHWAN, R. F. Inoculation of starter cultures in a semi-dry coffee (*Coffea arabica*) fermentation process. **Food Microbiology**, v. 44, p. 87-95, 2014.
- EVANGELISTA, S. R.; SILVA, C. F.; MIGUEL, M. G. P.; CORDEIRO, C.; PINHEIRO, A. C. M.; DUARTE, W. F. Improvement of coffee beverage quality by using selected yeasts strains during the fermentation in dry process. **Food Research International**, v. 61, p. 183-195, 2014a.

FIORES, D. B.; PEREIRA, L. L.; OLIVEIRA, E. C. S.; MOREIRA, T. R.; RAMOS, A. C. Mid infrared spectroscopy for comparative analysis of fermented arabica and robusta coffee. **Food Control**, v.121, 2021.

GAVA, A.; FICAGNA E.; ROSSATO S. B. Características fermentativas de leveduras comerciais em mosto de uva. **Revista CSBEA**, v. 3, n. 1, 2017.

GOMES, W. S.; PARTELLI, F. L.; OLIVEIRA, E. C. S.; FILGUEIRAS, P. R.; CASTRO, E. V. R.; MORELI, A. P.; DEBONA, D. G.; MOREIRA, T. R.; ALTOÉ, C. F.; PEREIRA, L. L. Espectroscopia de infravermelho para caracterização de genótipos de *Coffea canefora*. **Revista Ifes Ciência**, v. 6, n. 3, 2020.

GUYOT, B.; COCHARD, B.; VINCENT, JC. Détermination quantitative du diméthylsulfide dans l'arôme de café. **Café Cacao Thé**, v. 35, p. 49-56, 1991.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Green coffee: determination of loss in mass at 105°C**: ISO 6673. ISO. p. 17, 2003.

JACKELS, S. C.; JACKELS, C. F. Characterization of the coffee mucilage fermentation process using chemical indicators: A field study in Nicaragua. **Journal of Food Science**, v. 70, p. C321-C325, 2005.

KNOPP, S.; BYTOF, G.; SELMAR, D. Influence of processing on the content of sugars in green Arabica coffee beans. **European Food Research and Technology**, v. 223, p. 195-201, 2006.

KORNMAN, C. A Guide to Carbonic Maceration and Anaerobic Fermentation in Coffee. **Daily Coffee News**, 03 jun. 2019. Disponível em: <https://dailycoffeenews.com/2019/06/03/a-guide-to-carbonic-maceration-and-anaerobic-fermentation-in-coffee>. Acessado em: 21 set. 2020.

LEE, L. W.; CHEONG, M. W.; CURRAN, P.; YU, B.; LIU, S. Q. Coffee fermentation and flavor -An intricate and delicate relationship. **Food Chemistry**, v. 185, p. 182-191, 2015.

LEONG, K. H.; CHEN, Y. S.; PAN, S. F.; CHEN, J. J.; WU, H. C.; CHANG, Y. C.; YANAGIDA, F. Diversity of lactic acid bacteria associated with fresh coffee cherries in Taiwan. **Current Microbiology**, Taiwan, v. 68, p. 440-447, 2014.

LUES, J. F.; THERON, M. M. Comparing organic acids and salt derivatives as antimicrobials against selected poultry-borne *Listeria monocytogenes* strains in vitro. **Foodborne Pathogens Diseases**, v. 9, p. 1126-1129, 2011.

MALTA, M. R.; ROSA, S. D. V. F.; LIMA, P. M.; FASSIO, L. O.; SANTOS, J. B. Alterações na qualidade do café submetido a diferentes formas de processamento e secagem. **Revista Engenharia Na Agricultura – Reveng**, v. 21, p. 431-440, 2013.

MARTINEZ, S. J.; BRESSANI, A. P. P.; MIGUEL, M. G. C. P.; DIAS, D. R.; SCHWAN, R. F. Different inoculation methods for semi-dry processed coffee using yeasts as starter cultures. **Food Research International**, v. 102, p. 333-340, 2017.

MOTA, M. C. B.; BATISTA, N. N.; RABELO, M. H. S.; RIBEIRO, D. E.; BORÉM, F. M.; SCHWAN R. F. Influence of fermentation conditions on the sensorial quality of coffee inoculated with yeast. **Food Research International**, v. 136, 2020.

NETO, E. U. Uma delicada discussão sobre a acidez 1. **Coffee Traveler**. [S. I.]: 26 ago. 2015. Disponível em: <http://www.thecoffeetraveler.net/new-blog-4/2015/8/26/uma-delicada-discusso-sobre-a-acidez-1>. Acesso em 05 set. 2021.

OLIVEIRA, E. C. S.; FILGUEIRAS, P. R.; MORELI, A. P.; OLIVEIRA, A. C.; VENTURIM, L. H. C.; PEREIRA, L. L. Espectroscopia de infravermelho para estudo de café conilon fermentado Infrared spectroscopy for the study of fermented conilon coffee. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, p. 19248-19259, 2020.

PALUMBO, J. M. C. **Compreendendo o impacto da fermentação de café em biorreatores fechados na microbiota e na qualidade sensorial do café**. 2020. Dissertação (Mestrado Acadêmico) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2020.

PEREIRA, G. V. M.; SOCCOL, V. T.; PANDEY, A.; MEDEIROS, A. B. P.; ANDRADE LARA, J. M. R.; GOLLO, A. L.; SOCCOL, C. R. Isolation, selection and evaluation of yeasts for use in fermentation of coffee beans by the wet process. **International Journal of Food Microbiology**, v. 188, p. 60-66, 2014.

PEREIRA, G. V. M.; CARVALHO, N. D. P.; MAGALHÃES, J. A. I.; VÁSQUEZ, Z. S.; MEDEIROS, A. B. P.; VANDENBERGHE, L. P. S.; SOCCOL, C. R. Exploring the impacts of postharvest processing on the aroma formation of coffee beans - A review. **Food Chemistry**, v. 272, p. 441-452, 2019.

PEREIRA, L. L.; GUARÇONI, R. C.; PINHEIRO, P. F.; OSÓRIO, V. M.; PINHEIRO C. A.; MOREIRA, T. R., CATEN, C. S. T. New propositions about coffee wet processing: Chemical and sensory perspectives. **Food Chemistry**, v. 310, 2020.

PEREIRA, L. L.; GUARÇONI, R. C.; SOUZA, G. S.; BRIOSCHI JUNIOR, D.; MOREIRA, T. R.; CATEN, C. S. T. Propositions on the Optimal Number of Q-Graders and R-Graders. **Journal of Food Quality**, 2018.

PEREIRA, L. L.; MORELI, A. P.; BRIOSCHI JUNIOR, D., SOUSA, L. H. B. P.; MARCATE, J. P. P.; OLIVEIRA, G. F.; DEBONA, D. G.; GUARÇONI, R. C. Construção de perfil sensorial para o café conilon fermentado. **Revista IFES Ciência**. v. 5, n. 2, 2019.

PEREIRA, L. L. **Novas abordagens para produção de cafés especiais a partir do processamento via-úmida**. 2017. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2017.

PEREIRA, L. L.; MORELI, A. P.; GUARÇONI, R. G.; SOUZA, L. H. B. P.; MARCATE, J. P. P. Perspectivas para o café conilon através da fermentação In: PARTELLI, F. L.; ESPINDULA, M. C. (Org.). **Café conilon: conhecimento para superar desafios**. Alegre, ES: CAUFES, cap. 7, p. 107-119, 2019.

PEREIRA, V. M. G, NETO, E.; SOCCOL, V. T.; MEDEIROS, A. B. P.; WOICIECHOWSKI, A. L.; SOCCOL, C. R. Conducting starter culture-controlled

fermentations of coffee beans during on-farm wet processing: Growth, metabolic analyses and sensorial effects. **Food Research International**, v. 75, p. 348-356, 2015.

PEREIRA, V. M. G.; SOCCOL, V. T.; BRAR, S. K.; NETO, E.; SOCCOL, C. R. Microbial ecology and starter culture technology in coffee processing. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57, p. 2775-2788, 2017.

QUINTERO, G. I. P. Influencia del proceso de beneficio en la calidad del Café. **Cenicafé**, v. 50, n. 1, p. 78-88, 1999.

RAHMAWATI, A. N. N.; RISNA, Y. K. The effect of fermentation of the peel of arabica coffee with win prob probiotics on crude fiber content and fiber fraction. **Emerald Publishing Limited**, Bingley, v. 1, p. 121-126, 2018.

RAMOS, D. M. B.; SILVA, C. F.; BATISTA, L. R.; SCHWAN, R. F. In vitro inhibition of toxigenic filamentous fungi by *Pichia* sp. and *Debaryomyces* sp. isolates from coffee (*Coffea arabica*) fruits. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, p. 397-402, 2010.

RIBEIRO, J. S.; AUGUSTO, F.; SALVA, T. J. G.; THOMAZIELLO, R. A.; FERREIRA, M. M. C. Prediction of sensory properties of Brazilian Arabica roasted coffees by headspace solid phase microextraction-gas chromatography and partial least squares. **Analytica Chimica Acta**, v. 634, p. 172-179, 2009.

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

RIBEIRO, L. S.; RIBEIRO, D. E. B.; EVANGELISTA, S. R.; MIGUEL, M. G. C. P.; PINHEIRO, A. C. M.; BOREM, F. M. B.; SCHWAN, R. F. Controlled fermentation of semi-dry coffee (*Coffea arabica*) using starter cultures: A sensory perspective. **LWT - Food Science and Technology**, v. 82, p. 32-38, 2017.

RIKXOORT, H. V.; SCHROTH, G.; LÄDERACH, P.; RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, B. Carbon footprints and carbon stocks reveal climate-friendly coffee production. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 34, p. 887-897, 2014.

RISTICEVIC, S.; CARASEK, E.; PAWLISZYN, J. Headspace solid-phase microextraction-gas chromatographic-time-of-flight mass spectrometric methodology for geographical origin verification of coffee. **Analytica Chimica Acta**, v. 617(1-2), p. 72-84, 2008.

SANTOS, M. C. S. **Utilização da espectroscopia na região do infravermelho (FTIR) e quimiometria na identificação do café torrado e moído adulterado**. 2005. Dissertação (Mestrado Acadêmico) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2005.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICAN. **SCAA Protocols: Cupping Specialty Coffee**. 16 dez. 2015. Disponível em: <http://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>. Acesso em: 18 set. 2020.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION. **Metodologia SCAA de avaliação de cafés especiais: guia rápido - green coffee**. 2009. [S. l.]: p. 7, 2009. Disponível em: http://coffeetraveler.net/wp-content/files/903-SCAACuppingMethod_RESUMO_3a.pdf. Acesso em: 18 set. 2020.

SCHWAN, R. F.; FLEET, G.H. **Cocoa and Coffee Fermentations**. 1. ed. New York: Taylor & Francis Group, LLC. CRC Press, 2014. 633 p.

SELMAR, D.; BYTOF, G.; KNOPP, S.E.; BREITENSTEIN, B. Germination of coffee seeds and its significance for coffee quality. **Plant Biology**, v. 8, p. 260-264, 2006.

SHULER, J. D. **Effect of the Presence of the Pericarp on the Chemical Composition and Sensorial Attributes of Arabica Coffee**. 2017. Dissertação (Mestrado acadêmico) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2017.

SILVA, N.; CHRISTINA, V.; FERRAZ, N.; HIROMI, M.; FRANCISCO, R.; ABELIAR, R. **Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos**. 3 ed. São Paulo: Varela, 2007. 91 p.

SILVA, C. F.; BATISTA, L. R.; ABREU, L. M.; DIAS, E. S.; SCHWAN, R. F. Succession of bacterial and fungal communities during natural coffee (*Coffea arabica*) fermentation. **Food Microbiology**, v. 25, p. 951-957, 2008.

SILVA, C. F.; VILELA, D. M.; SOUZA C.; C., DUARTE, W. F.; DIAS, D. R.; SCHWAN, R. F. Evaluation of a potential starter culture for enhance quality of coffee fermentation. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 29(2), p. 235-247, 2013.

SILVA, C. H. P. M. **Microbiologia da cerveja**. 1 ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2019. 371 p.

SOLÍS, D. G. V. **Análisis de la capacidad fermentativa de levaduras asociadas a das bebidas fermentadas tradicionales**. 2017. Tesis (Bachelor in biology) – Instituto de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias Y Artes de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Colombia, 2017.

STUART, B. H. **Infrared spectroscopy: fundamentals and applications**. [s.n]: John Wiley & Sons. 2004.

TAVARES, L. A.; FERREIRA, A. G. Análises quali- e quantitativa de cafés comerciais via ressonância magnética nuclear. **Química Nova**, v. 29, p. 911-915, 2006.

TEIXEIRA, J. F. **A levedura *Saccharomyces cerevisiae*: Caracterização do gênero, domesticação e importância na composição de vinhos**. 2015. Monografia (Pós-Graduação em Microbiologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2015.

UKERS, W. H. **All About Coffee**. [S. I.]: Tea and Coffee Trade Journal Company, 1922. 796 p.

VERDUGO, A. Dinámica de levaduras mediante técnicas microbiológicas y moleculares. **Lacandonia**. v. 1, p. 29-35, 2007.

VILELA, D. M.; PEREIRA, G. V.; SILVA, C. F.; BATISTA, L. R.; SCHWAN, R. F. Molecular ecology and polyphasic characterization of the microbiota associated with semi-dry processed coffee (*Coffea arabica* L.). **Food Microbiology**, v. 27, p. 1128-1135, 2010.

WOOD, B. J. B. Microbiology of fermented foods. **Blackie Academic and Professional**, Londres (Inglaterra), p. 517, 1998.

ZHANG, S. J.; BRUYN, F.; POTHAKOS, V.; TORRES, J.; FALCONI, C.; MOCCAND, C.; WECKX, S.; AND BJÖRKROTH, L. V. J. Following coffee production from cherries to cup: microbiological and metabolomic analysis of wet processing of *Coffea arabica*. **Food Microbiology**, v. 85, 2019.

ANEXOS

Roda de sabores do provador de café

A Roda de sabores traz 110 características desejáveis e indesejáveis em cafés.

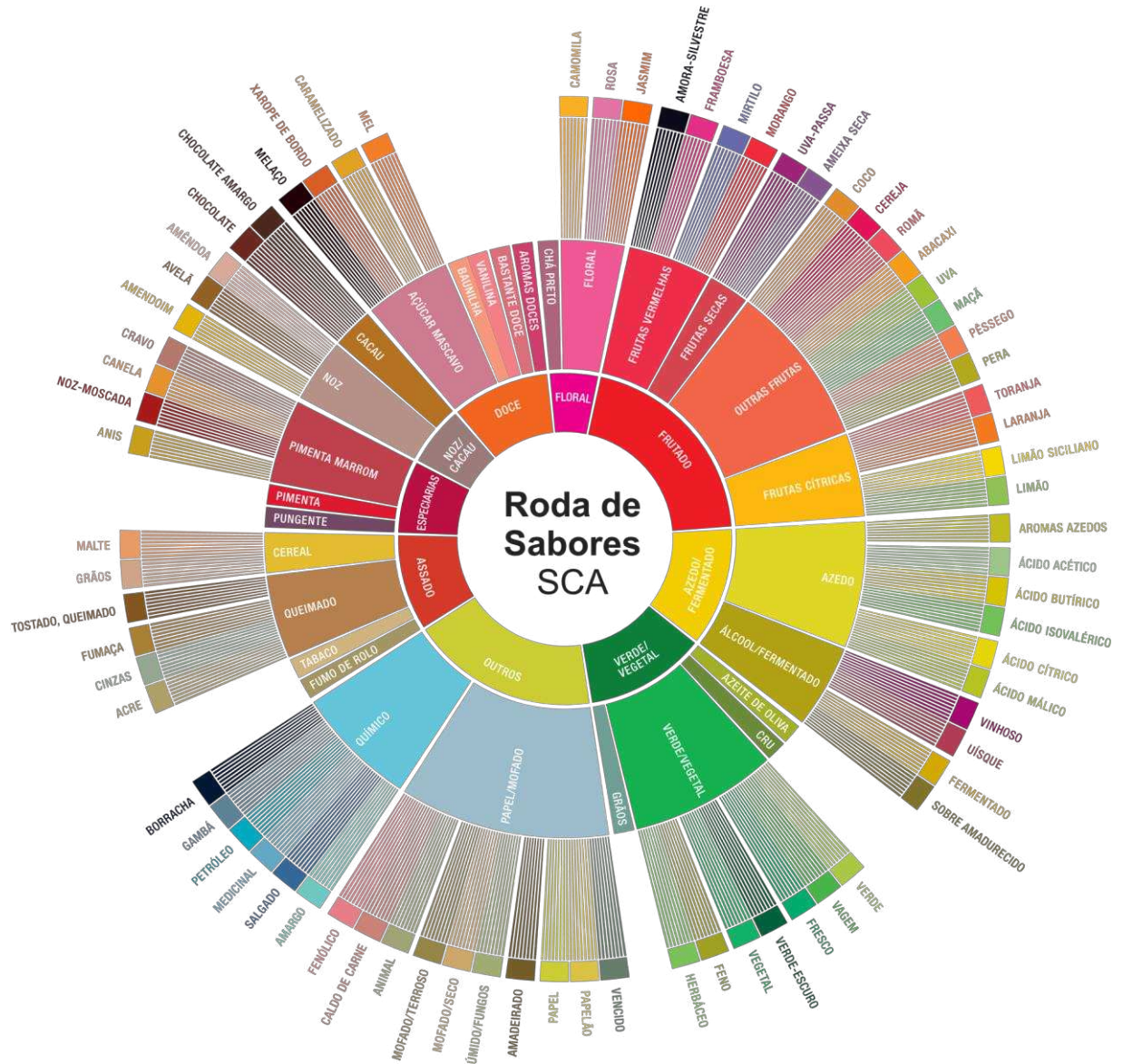


Figura 8. Roda de sabores do provador de café, da Associação Americana de Cafés Especiais, usando o léxico sensorial desenvolvido pela World Coffee Research © 2016 SCA E WCR.